NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. CHARLES ROUGET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE
AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

1887

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. CHARLES ROUGET

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, 120

1887

TITRES SCIENTIFIQUES

AIDE D'ANATOMIE (concours de 1853)

PROSECTEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS (concours de 1855)

DOCTEUR EN MÉDECINE DE LA MÊME FACULTÉ (1856)

AGRÉGÉ DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

NOMMÉ LE PREMIER

DANS LA SECTION D'ANATOMIE ET DE PHYSIOLOGIE (janvier 1857)

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE DE MONTPELLIER (juillet 1860)

PROFESSEUR DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE (1880)

MEMBRE TITULAIRE DE LA SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE (1850)

MEMBRE CORRESPONDANT

DE L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE (1866)

NOTICE

SUR LES

TRAVAUX SCIENTIFIQUES

DE

M. CHARLES ROUGET

I

PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE

I

1. — *Les tissus contractiles et la contractilité.* (Comptes rendus Acad. des Sciences, 1861.)

2. — *Phénomènes de Polarisation qui s'observent dans quelques tissus des animaux et des végétaux, et, en particulier, dans le tissu musculaire.* (Journal de la Physiologie, de Brown-Séquard, 24 pages avec une planche gravée et coloriée, 1862.)

3. — *Mémoire sur le tissu contractile et la contractilité.* (Journal de la Physiologie, oct. 1863. 56 pages avec 3 planches gravées.)

Ces trois mémoires ont pour but de démontrer :

1° Que l'agent essentiel du mouvement chez tous les animaux pourvus d'éléments musculaires, est une fibrille onduleuse continue, et constituée par une seule et même substance ; que ces fibrilles contractiles sont les éléments essentiels des muscles lisses aussi bien que des muscles striés, que j'ai même constaté leur existence dans la couche contractile sous-épidermique des polypes hydraires (*Hydra fusca* et *Tubularia*) et aussi sous la cuticule à cils vibratiles d'infusoires ciliés (*Spirostome*, *Stentor*, *Bursaire*) et dans le style des *Vorticelles.*

2° Brücke ayant cherché à démontrer, à l'aide de la polarisation chromatique, que les muscles ne sont pas constitués par des fibrilles, mais par des particules alternantes de matière différente, les unes *isotropes*, les autres *anisotropes*, j'expose une série d'observations sur les conditions dans lesquelles les tissus organiques présentent les apparences de la double réfraction, et j'établis qu'il suffit, pour les produire dans les corps organiques minces, qu'il y ait des différences de niveau, des ondulations de la surface, des fentes, ou des bords libres, et qu'une substance homogène peut ainsi paraître isotrope dans certaines parties, où ces conditions sont réalisées, anisotrope dans les autres. Je démontre qu'il en est ainsi pour les faisceaux musculaires striés, dont les stries transversales constituent des ondulations, des alternatives de saillies et de dépressions, cause unique des alternances de coloration observées par Brücke. Ces différences de coloration ne correspondent nullement à deux substances distinctes, l'une formant les *disdiaclastes* (Brücke), *sarcous elements* (Bowman), biréfringents et produisant en se rapprochant les uns des autres la contraction musculaire, l'autre, une substance intermédiaire, inactive dans la lumière polarisée, et purement passive dans les mouvements qu'exécutent les corpuscules biréfringents pour produire le raccourcissement ou l'allongement du faisceau musculaire.

3° A cette théorie de la contraction musculaire, basée sur des observations histologiques erronées, j'oppose les résultats de mes observations sur la structure des muscles des *Poissons*, des *Reptiles*, des *Oiseaux*, des *Mammifères*, et de nombreux invertébrés : *Radiaires*, *Mollusques*, *Annélides*, *Articulés*, tant des muscles de la vie animale, que de ceux de la vie organique, et du cœur, qui toutes établissent que les fibres musculaires, lisses ou striées, sont constituées par des faisceaux de fibrilles tordues en spirale plus ou moins régulière, et que les stries transversales des faisceaux eux-mêmes sont dues à des plissements, formant un véritable pas de vis dont j'ai démontré l'existence par l'examen stéréoscopique de photographies des faisceaux striés d'insectes, de reptiles, et de mammifères. C'est également en photographiant mes préparations microscopiques, que j'ai obtenu la preuve irréfutable de l'existence des fibrilles *tordues en spirale*, tant dans les fibres cellules des muscles organiques, que dans les faisceaux striés des muscles de la vie animale, de l'écartement des tours de cette spirale dans l'allongement du muscle, du rapprochement des tours de la spirale, au moment de la contraction, et que j'ai été conduit à un ensemble de recherches dont les résultats conduisent à considérer la *contraction musculaire* comme la conséquence de *la détente du ressort spiral*, élément essentiel et constant de la structure des muscles.

4. — *Nature de la rigidité musculaire.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1872-1873.)

Les muscles soumis à une température de + 41 degrés à + 42 degrés centigrades reconnue insuffisante pour la coagulation de la myosine (la prétendue substance musculaire liquide qui ne se coagule qu'à + 45 degrés), présentent tous les caractères essentiels de la rigidité — improprement appelée cadavérique, — la perte complète d'excitabilité avec rigidité et contracture permanente. Le rétablissement seul de la circulation suffit à rendre à ces muscles leur souplesse, leur contractilité, la constitution et les propriétés du muscle actif. La rigidité n'est donc pas le résultat d'une prétendue coagulation de la substance contractile; l'arrêt complet de la nutrition l'a produit, le rétablissement de la nutrition l'a fait disparaître.

5. — *De la nature de la substance contractile.* (Rapport sur l'Ecole pratique des Hautes Études, 1872-1873.)

D'après une opinion généralement adoptée en Allemagne par les physiologistes, cette substance serait liquide pendant la vie; on pourrait l'extraire du tissu musculaire par la pression; l'état solide, qu'elle présenterait seulement après la mort des éléments musculaires, serait le résultat d'une coagulation de la *myosine* liquide, analogue à la coagulation de la fibrine du sang.

Le résultat de mes expériences démontre, au contraire, que, non pas seulement des muscles entiers, mais les faisceaux primitifs des muscles, vivants, isolés et encore contractiles, sont tellement *solides* et *élastiques,* que, après avoir été soumis à une pression qui suffit à faire éclater en menus fragments des plaques de verre à glaces de un demi-centimètre d'épaisseur, ces faisceaux conservent dans une absolue intégrité tous les éléments caractéristiques de leur constitution intime, les stries transversales et les fibrilles.

II

6. — *Les phénomènes de la contraction musculaire chez la Vorticelle.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1867.)

L'agent producteur du mouvement musculaire a la structure et les propriétés d'un ressort spiral. Il est éminemment élastique; vivant et allongé par une force mécanique extérieure, il revient exactement à sa longueur primitive, les tours de spire s'écartant pendant l'allongement, se rapprochant pendant le raccourcisse-

ment, exactement de la même façon que dans les manifestations de l'activité propre du muscle, lorsque se contractant il produit du travail mécanique, et s'allonge ensuite. Un ressort élastique peut transmettre un mouvement dans deux conditions opposées, en s'allongeant quand il a été comprimé et raccourci, en se raccourcissant quand il a été tendu pour revenir dans les deux cas à sa forme naturelle, celle qu'il possède lorsqu'il n'est soumis à aucune autre force que sa propre élasticité.

Auquel des deux états du muscle vivant, la contraction et l'allongement, correspondrait l'état de repos, dans l'hypothèse que le muscle agit comme un ressort élastique?

L'observation de la contraction musculaire chez la Vorticelle résout la question. Le principal organe de la locomotion, le style de la Vorticelle est constitué par un ruban aplati tordu en spirale, dont tous les caractères histologiques sont ceux d'une fibrille musculaire. Quand l'animal est tranquille, la spirale est à son maximum d'allongement; mais, lorsqu'il reçoit l'impression d'une excitation extérieure, la spirale allongée se raccourcit instantanément, sous la forme d'un ressort à hélice d'une régularité parfaite, à tours très-rapprochés, ayant à peine un cinquième de la longueur du style au repos. L'excitation cessant, les tours de la spirale s'écartent, celle-ci s'allonge lentement et l'animal reprend sa position première. Des deux états de l'hélice contractile quel est celui qui correspond à la position de repos du ressort musculaire? Toutes les fois que le style est séparé du corps de l'animal qui est son centre trophique, il se raccourcit en spirale à tours rapprochés et a pour toujours perdu la faculté de s'allonger.

Le même raccourcissement permanent du style se produit quand l'animal est tué par un agent toxique ou par la chaleur à + 45 degrés : c'est l'équivalent de la rigidité, dite cadavérique, des muscles des animaux supérieurs. Au contraire, l'allongement de la fibrille spirale n'est possible que pendant la vie, c'est-à-dire tant que s'accomplissent les actes de nutrition qui développent dans l'organisme les forces de tension. Dès qu'il est soustrait à l'influence de la nutrition, le ressort prend et conserve indéfiniment la forme naturelle, inhérente à sa constitution, celle d'un ressort en hélice dont les tours sont au maximum de rapprochement, lorsqu'il est au repos.

7. — *Mémoire sur la contraction musculaire*. (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1867.)

J'expose dans ce mémoire les preuves tirées en grande partie de mes propres expériences qui établissent que chez tous les animaux la contraction musculaire

est identique dans sa nature et ses causes à la contraction du style de la vorticelle. Les conclusions de ce mémoire sont les suivantes :

1° Les muscles sont constitués par des fibrilles, tordues en spirales élastiques; l'écartement et le rapprochement des tours de l'hélice produisent les alternatives d'allongement et de raccourcissement d'où résulte le mouvement musculaire. Le raccourcissement a lieu exactement de la même façon dans la contraction musculaire et dans l'état de rigidité persistante improprement appelée cadavérique; il doit être considéré comme un retour de l'élément contractile vers l'état de repos, car il atteint son maximum quand le muscle est soustrait à toute cause d'excitation et privé de l'influence des nerfs et de celle de la nutrition.

2° La tendance au raccourcissement résultant de l'élasticité propre de l'élément musculaire est permanente. Pendant la vie et l'état de repos du muscle, elle est combattue par une tendance à l'allongement dont l'énergie est proportionnelle à l'activité de la nutrition et s'éteint avec elle. La contraction se produit au moment où l'équilibre entre les deux tendances opposées est rompu par la suppression de la cause d'extension; celle-ci peut-être momentanément suspendue par l'action des agents dits excitants de l'irritabilité musculaire : l'influx nerveux, l'électricité, la chaleur, le choc, etc..

3° Le coefficient d'élasticité variant dans le muscle vivant avec les différents états de repos, de contraction, de rigidité, ces variations modifient la forme et l'énergie des contractions.

4° Le mouvement qui cesse de produire le travail d'extension du ressort musculaire, au moment de la contraction, se manifeste sous forme d'élévation de température.

5° Le raccourcissement est l'effet de l'élasticité propre et permanente de la spirale contractile; l'allongement est produit par une cause de mouvement, développée dans l'acte de la nutrition, et corrélative à la chaleur, si elle n'est la chaleur elle-même.

8. — *Sur les prétendues vibrations de la contraction musculaire.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1867.)

Je donne ici les conclusions de ce mémoire, appuyées sur de nombreuses expériences. Je possède des graphiques de contractions musculaires qui en fixent et précisent les résultats.

La contraction permanente ne se compose pas de secousses ou vibrations successives. Les muscles des animaux vivants en état de contraction soutenue se montrent absolument immobiles, à l'examen microscopique.

Les ondulations tracées par un levier enregistreur n'existent que dans la

période variable de la contraction, lorsque l'agent d'excitation n'a pas encore atteint le degré d'intensité suffisant pour maintenir le muscle en contraction soutenue. Sans accroître la fréquence des excitations successives, on peut faire disparaître les ondulations du tracé de contraction par le seul accroissement de l'intensité d'un courant électrique. Ce changement se produit de lui-même, sans accroissement d'intensité du courant, lorsque le muscle est fatigué.

La contraction volontaire sans effort ne présente pas d'ondulations vibratoires. Dans la contraction volontaire avec effort croissant, les ondulations du tracé se montrent au début, disparaissent dans la période d'état de l'effort soutenu et reparaissent au déclin de la contraction. On peut observer plusieurs formes de contractions permanentes dans lesquelles il n'y a aucune trace de vibrations, de secousses successives.

Telles sont les contractions permanentes que produisent le courant électrique continu, la chaleur (de + 32° à + 39° centigrades), les vapeurs d'ammoniaque, et enfin la contraction ultime de la rigidité cadavérique, soit spontanée, soit provoquée par l'immersion dans l'eau distillée, ou par la chaleur à + 40° + 45° centigrades, etc.

Lorsque les vibrations existent, il est toujours possible d'obtenir le graphique des ondulations correspondantes, en modifiant convenablement la vitesse de rotation du cylindre et la longueur du levier.

Le bruit musculaire se produit dans la période variable de la contraction, tant que l'effort s'accroît; il disparaît quand la contraction se maintient sans accroissement dans un état permanent.

9. — *La contraction musculaire, dans ses rapports avec les modifications de la nutrition.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1872-1873.)

L'arrêt de la circulation, ou l'action d'une température de + 41° à + 42° suffit à produire dans un muscle un état permanent de contraction extrême : *la rigidité;* l'excès de fatigue produit à lui seul la *crampe* qui est un état passager de rigidité, et qui résulte du trouble apporté dans la nutrition du muscle, par la consommation trop rapide de la réserve nutritive, et par l'accumulation des produits d'oxydation. Bien que toute contraction instantanée se compose d'une période de raccourcissement, à laquelle succède immédiatement l'allongement du muscle, si ces contractions se succèdent à assez court intervalle, le raccourcissement, dès les premières contractions, prédomine sur l'allongement. Il se produit ainsi un certain degré de contraction permanente, qui s'accroît graduellement jusqu'au moment où l'excitabilité disparaît et persiste alors, définitivement, si le membre est séparé de l'animal et privé de circulation; si, au contraire, on expérimente sur

un muscle dans lequel le sang continue à couler, l'excitabilité revient après un laps de temps qui varie de dix minutes à une heure chez les grenouilles, suivant la vigueur de l'animal. Mais, même alors que l'excitabilité est revenue, si on provoque de nouvelles contractions, le raccourcissement antérieur persiste et s'accroît à chaque nouvelle contraction. Dans la production du tétanos artificiel par des excitations intermittentes rapprochées, la contraction tonique qui succède aux secousses du début, et persiste ou s'accroît pendant toute la durée des excitations, est due à un raccourcissement permanent du même ordre que celui qui résulte d'excitations assez rapprochées pour produire une succession de contractures instantanées, mais pas assez pour déterminer le tétanos. Il semble résulter de tous ces faits, dont mes graphiques donnent la démonstration, que l'allongement du muscle est un effet direct de l'activité de nutrition du muscle, tandis que le raccourcissement est en rapport intime avec la diminution ou la suppression de la nutrition et les forces de tension qu'elle développe.

10. — *Recherches expérimentales sur la coïncidence de la contraction et de l'élévation de température propre du muscle.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1871-1872.)

Au point de vue de la théorie de la transformation des forces dans le muscle qui travaille, il est extrêmement important de déterminer le moment précis où la température propre du muscle s'élève. Des expériences d'une exécution extrêmement difficile et délicate que j'ai entreprises pour enregistrer simultanément la contraction du muscle et la déviation de l'aiguille du galvanomètre en rapport avec la pile thermo-électrique, il résulte que l'élévation de température se manifeste presque dès le début de la contraction, persiste en s'accroissant pendant toute la durée de la contraction, et un certain temps après qu'elle a cessé. L'appareil qui a servi à ces expériences se composait essentiellement de deux plaques mues dans un plan vertical par un mouvement d'horlogerie, l'une noircie et enregistrant la contraction musculaire; l'autre, collodionnée et sensibilisée, enregistrait le mouvement de la lumière solaire réfléchie par le miroir fixé à l'aiguille du galvanomètre.

III

11. — *Note sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, septembre 1862.)

12. — *Mémoire sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles chez les*

Reptiles, les Oiseaux et les Mammifères. (Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, 1863).

13. — *Note sur la terminaison des nerfs moteurs chez les Crustacés et les Insectes.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1864.)

13 *bis.* — *Note sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles. Structure intime de la plaque motrice.* (Comptes rendus, juin 1866.)

Les deux premières de ces publications établissent le mode de terminaison des nerfs moteurs dans les muscles striés des vertébrés, par un épanouissement du cylinder axis, accompagné de nombreux noyaux, dépouillé du revêtement médullaire, recouvert par le sarcolemme, et en contact immédiat avec la substance contractile. C'est ce mode de terminaison, inconnu jusqu'alors, que j'ai désigné sous le nom de *Plaques motrices terminales.* Le tube nerveux moteur, dont cette plaque constitue l'expansion terminale, se dépouille de son enveloppe médullaire au point où il traverse le sarcolemme, et à ce niveau aussi la gaîne de Schwann cesse en se soudant au sarcolemme et se confondant avec lui; ces deux membranes ayant, du reste, la même origine et la même signification, celle d'enveloppes de cellules polynucléaires. Chaque faisceau primitif des muscles striés, même dans les muscles les plus longs d'animaux de petite taille, ne recevant qu'une seule plaque motrice, et ce faisceau étant lui-même constitué par un nombre énorme de fibrilles striées, agents essentiels de la contractilité, et dont quelques-unes seulement sont en contact immédiat avec la plaque motrice, on doit en conclure que la force de décharge communiquée à un point limité d'un faisceau musculaire, suffit pour faire passer à l'état de force vive (*contraction*) la force de tension (*contractilité*) accumulée dans toute la masse du faisceau, comme l'étincelle qui détermine l'explosion d'une masse de poudre.

Les publications suivantes ont trait à la controverse soulevée par la découverte des plaques motrices des muscles striés. Parmi les savants qui ont contrôlé mes propres observations, les uns, comme Engelmann, Waldeyer, Trinchese et M. Vulpian, en acceptaient les résultats, et les confirmaient sur d'autres espèces animales que celles précédemment observées par moi; les autres, comme Krause, Kölliker et Kühne, ne les acceptaient qu'en les modifiant sur des points importants. A la suite de nouvelles recherches j'établis :

1° Qu'il est facile de démontrer, contrairement à l'opinion soutenue par Krause et Kölliker, que le sarcolemme passe *au-dessus* et non *au-dessous* de la plaque terminale, que par conséquent celle-ci, au lieu d'être séparée des éléments contrac-

tilos par une membrane isolante, est immédiatement appliquée sur la substance contractile. Des photographies d'après nature montrent le sarcolemme soulevé par imbibition au-dessus do la plaque nerveuse qui est intimement accolée à la substance contractile striée;

2° Que le cône terminal que deux savants français, Doyère d'abord, M. de Quatrefages ensuite, ont trouvé au point d'innervation des faisceaux musculaires des *Tardigrades* (Doyère), et de l'*Éolidine* (de Quatrefages), n'est pas identique à la plaque motrice des vertébrés supérieurs; que ce cône est constitué seulement par le soulèvement du sarcolemme, au niveau du point où la fibre nerveuse traversant le sarcolemme se divise en deux filaments terminaux, qui s'appliquent sur la substance contractile dans le sens de l'axe du faisceau, en deux directions opposées et dans une étendue plus ou moins considérable, suivant les espèces; que les noyaux et le protoplasma, qui se rencontrent quelquefois, mais non constamment, au niveau de ce cône, appartiennent en propre à l'élément musculaire et non à l'élément nerveux; tandis que chez les vertébrés supérieurs les noyaux qui accompagnent les divisions multiples du cylindraxe sont identiques aux noyaux propres du tube nerveux, improprement appelés noyaux de la gaîne, que le protoplasma dans lequel sont plongées les ramifications du cylindraxe, et qui, sous l'influence de l'imbibition par les liquides très diffusibles, se creuse de vacuoles et de lacunes claires et transparentes, appartient bien aussi en propre à l'épanouissement de l'élément nerveux moteur;

3° Que la plaque terminale ne se compose pas de deux couches superposées, mais d'une seule couche qui comprend à la fois les noyaux, le protoplasma de revêtement des ramifications du cylindraxe, et ces ramifications elles-mêmes, qui forment un *réseau* semblable à celui des nervures d'une feuille.

Depuis l'époque de mes dernières publications, plusieurs travaux ont paru sur le même sujet; presque tous confirment les dispositions que j'ai signalées, et les figures qui ont été publiées reproduisent presque toujours d'une manière plus imparfaite (Ewald, Fischer), ou en s'en rapprochant davantage (Ciaccio), ce que l'on a pu voir depuis 1866 sur les photographies qui accompagnaient le mémoire que j'ai lu à l'Académie des sciences à cette époque, qui ont servi aux démonstrations du cours de mon regretté collègue Longet, à celles de mes propres cours, et qui ont fait récemment partie de l'exposition du ministère de l'instruction publique à l'Exposition universelle de 1878.

J'ajouterai en terminant que c'est par une action spéciale sur les plaques terminales motrices que l'on pourrait expliquer, d'après deux de nos plus éminents physiologistes, Claude Bernard et M. Vulpian, le singulier effet produit par le curare, qui supprime la communication des effets de l'excitation

des nerfs moteurs aux muscles, quoique muscles et nerfs moteurs soient encoro directement excitables.

Il résulte également des recherches qui précèdent que le conflit entre l'élément excito-moteur et l'élément contractile s'établit chez toutes les espèces animales à l'aide d'un appareil construit sur le même type, mais se perfectionnant et se compliquant à mesure qu'on s'élève dans l'échelle des êtres. Chez les invertébrés (*Mollusques, Crustacés, Insectes*) la fibre nerveuse motrice traverse le sarcolemme et se bifurque en deux filaments terminaux qui s'appliquent sur les fibrilles contractiles des muscles de la vie animale. (C'est un mode de terminaison presque identique à celui que de nombreux observateurs ont constaté dans les muscles lisses de la vie organique chez les vertébrés.)

Chez les Batraciens, le tube nerveux moteur se bifurque souvent avant de traverser le sarcolemme, et chaque branche conserve sa gaîne médullaire jusqu'au moment où elle pénètre à travers le sarcolemme : à partir de ce point, la gaîne médullaire ayant disparu, les branches situées à la surface du faisceau strié, *sous le sarcolemme,* présentent tous les caractères des fibres pâles, sont munies de noyaux et d'un revêtement de protoplasma. Dans la première partie de leur trajet elles se divisent, se subdivisent et s'anastomosent, en formant un plexus à mailles larges et espacées, d'où partent des filaments terminaux dépourvus de noyaux, constitués par la dissociation des fibrilles des cylindraxes, et appliqués dans le sens de l'axe à la surface des fibrilles contractiles dans la direction des interstices qui les séparent les unes des autres, et qu'occupent les restes du protoplasma primitif. Ce plexus de fibres pâles, quoique s'étendant dans les deux sens à une distance assez considérable du point de pénétration à travers le sarcolemme, n'occupe jamais cependant qu'une région relativement très restreinte de la surface du faisceau strié.

Chez les vertébrés supérieurs (*Plagiostomes, Reptiles écailleux, Oiseaux, Mammifères*) la fibre à moelle, après avoir traversé le sarcolemme, le plus souvent en un seul point, se continue au-dessous du sarcolemme par un réseau de fibres pâles à mailles serrées et étroites provenant des ramifications et anastomoses successives de deux ou trois fibres principales pâles, nées de la division de la fibre nerveuse à moelle, et se portant, dès leur origine, dans les deux parties du réseau opposées dans le sens de l'axe. De la multiplication et du rapprochement des ramifications et des anastomoses, il résulte que le protoplasma de revêtement de chaque fibrille se confond avec celui de la fibrille voisine, et forme une masse continue dans laquelle est comme noyé le réseau terminal de la plaque motrice ; l'accumulation et le rapprochement des noyaux sont aussi une conséquence de la multiplicité et du rapprochement des ramifi-

cations des fibres pâles du réseau, auxquelles appartiennent ces noyaux. Chaque district nucléaire équivaut à une cellule nerveuse ramifiée, soudée à ses congénères, le tout représentant le plus riche bourgeonnement terminal des cellules nerveuses centrales que l'on connaisse, sauf pourtant celui qui constitue le réseau spongieux des lames électriques de la torpille.

IV

14. — *Mémoire sur la terminaison des nerfs dans l'organe électrique de la Torpille.* (Bulletin de l'Académie de Médecine, t. XXXI, 1866.)

15 et 16. — *Notes sur la structure de l'organe électrique.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1875.)

17. — *Note sur la terminaison des nerfs dans l'organe électrique de la Torpille.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1877.)

18. — *Note sur l'organe électrique de la Torpille, transformation des forces dans la décharge des nerfs électriques.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1876.)

18 *bis.* — *Analogie de la transformation des forces dans les plaques électriques de la Torpille et dans les plaques terminales des nerfs moteurs.* (Note inédite.)

L'origine et le mode de production des flux électriques qui se manifestent dans les décharges dos appareils spéciaux dont sont munis les poissons électriques, la singularité et la spécialité de ces organes, restreints à un si petit nombre d'espèces, appartenant à des genres si différents, a depuis longtemps préoccupé les physiologistes autant que les physiciens. Depuis la découverte de Galvani, on a cherché avec plus ou moins de succès en se basant sur des analogies d'ordre très secondaire et plus apparentes que réelles, à rapprocher les organes électriques de certains appareils de physique, piles à colonne ou bouteilles de Leyde.

Depuis l'établissement de la doctrine de la transformation et de la corrélation des forces, qui s'applique aux forces du monde vivant aussi rigoureusement qu'aux forces physico-chimiques, les physiologistes devaient être conduits à chercher s'il ne se trouvait pas dans les organes électriques des conditions propres à la transformation d'une force organique en électricité, analogue aux transformations du même genre constatées déjà dans les muscles, celles des forces de

tension dégagées pendant la contraction sous forme de mouvement mécanique, de chaleur et d'électricité. C'est en me plaçant à ce point de vue que j'ai poursuivi depuis plusieurs années les recherches consignées ci-dessus.

Les premières recherches que j'entrepris en 1866 me conduisirent à confirmer complètement le mode de terminaison des nerfs de l'appareil électrique de la torpille observé antérieurement (en 1856) par Kölliker et contesté par Reichert et Hartmann, mais confirmé aussi par Max Schültze (1862). Je vis, comme Kölliker et Schultze, les fibres pâles émanées des dernières divisions des tubes nerveux à moelle se terminer en se ramifiant dans la trame d'un réseau lamellaire, véritable dentelle nerveuse dont toutes les mailles sont formées par les divisions et les anastomoses des cylindraxes des dernières fibres pâles ramifiées à l'infini. Comme j'avais également vérifié l'exactitude de la remarque de Kölliker, que ces détails délicats ne peuvent être constatés que sur des fragments de l'organe pris sur l'animal vivant ou récemment tué, quelques années après j'essayai différents modes de conservation des préparations, et je réussis, par l'imprégnation avec l'azotate d'argent, à mettre en évidence le réseau terminal de Kölliker et à en obtenir des photographies plus nettes que celles que l'on obtient avec le tissu à l'état frais.

Dans ces dernières années, trois observateurs distingués, MM. Boll, Ciaccio et Ranvier, ayant soumis à de nouvelles investigations le mode de terminaison des nerfs de l'organe électrique de la torpille, arrivèrent d'abord isolément, puis ensuite de concert, à nier l'existence du réseau à mailles fermées, décrit et figuré non-seulement par Kölliker et Schultze, mais par M. Boll lui-même dans un premier travail (1870), et furent unanimes à affirmer que la terminaison en réseau décrite et figurée par Kolliker, M. Schultze et par Boll lui-même dans l'organe électrique de la torpille et du malaptérure, n'existe pas; que la véritable terminaison des nerfs électriques est formée de divisions arborescentes, terminées par des extrémités libres et couvertes à leur surface dorsale d'un pointillé, produit par les extrémités, renflées en bouton, de filaments très fins qui hérissent toute cette surface. C'est sur cette disposition qu'est basée une théorie qui assimile l'appareil électrique de la torpille à une batterie de bouteilles de Leyde. Pour répondre à ces assertions, contre lesquelles s'élevaient les preuves matérielles (préparations et photographes microscopiques) que j'avais sous les yeux de l'exactitude des observations de Kölliker et de Schultze, et de la confirmation que j'en avais donnée en 1866, j'instituai de nouvelles recherches non-seulement sur la terminaison des nerfs électriques, mais sur la structure complète d'un élément de l'organe électrique, d'un disque ou plaque électrique. Je me suis astreint à employer les mêmes procédés d'investigations que ceux dont MM. Boll,

Ciaccio et Ranvier ont fait usage, et je résume ici les résultats exposés dans les quatre notes ci-dessus :

L'organe électrique se compose de prismes polyédriques juxtaposés; chaque prisme est fermé par les plaques électriques empilées les unes sur les autres. L'une des bases du prisme correspond à la face ventrale, l'autre à la face dorsale de l'animal, chacune des plaques qui le composent a donc aussi une face ventrale et une face dorsale. Les plaques électriques sont séparées les unes des autres par une couche de tissu muqueux, à cellules allongées ou ramifiées, dans l'épaisseur de laquelle sont logés les vaisseaux capillaires sanguins qui fournissent aux plaques électriques leurs matériaux de nutrition, les gros tubes nerveux à moelle qui vont en se ramifiant et se dépouillant de leur enveloppe médullaire pour constituer par les ramifications ultimes de leurs fibres pâles l'élément essentiel de la plaque électrique. Chacune des plaques électriques est fixée par ses bords à l'enveloppe fibreuse commune du prisme dont les faisceaux se soudent aux membranes d'enveloppe de la plaque de la même façon que les fascicules tendineux se soudent au sarcolemme d'un faisceau primitif de muscle strié. De ces deux membranes limitantes des plaques électriques, l'une qui recouvre la face dorsale, plus épaisse, en partie homogène, en partie fibroïde, renfermant des noyaux dans des lacunes dont elle est creusée, et doublée à sa face inférieure par une couche de cellules à protoplasma vacuolaire, représente avec celle-ci une couche analogue à la substance de soutien des centres nerveux, à la *névroglie*. La membrane limitante de la face ventrale, beaucoup plus ténue et intimement adhérente à la lame nerveuse réticulée est la continuation et l'expansion de la gaîne de Schwann des fibres pâles qui perdent toute enveloppe au moment où elles pénètrent dans la lame nerveuse de la plaque électrique. Entre les deux membranes limitantes, abstraction faite de la couche de cellules conjonctives à vacuoles qui double la cuticule fibroïde dorsale et fait corps avec elle, il ne reste autre chose comme partie constituante active de la plaque électrique que la lame nerveuse enfermée comme la rétine entre ses deux membranes limitantes.

Structure de la lame nerveuse. — En examinant la lame nerveuse des plaques électriques par la face qui reçoit les ramifications ultimes des fibres pâles, c'est-à-dire par la face ventrale (qu'il s'agisse de préparations fraîches, sans l'intervention d'aucun réactif, ou de préparations traitées par les solutions d'azotate d'argent, de chlorure d'or, d'acide osmique en injection ou en macération, seul ou renforcé par l'imprégnation consécutive au chlorure d'or, avec ou sans macération prolongée des préparations à l'acide osmique dans les bichromates de potasse ou d'ammoniaque, avec ou sans coloration à l'hématoxylune, etc., on observe constamment et la photographie reproduit un réseau formé par les divi-

sions des dernières branches des fibres pâles ramifiées, *en bois de cerf*. Les apparences de terminaison en boutons ou extrémités libres, qui peuvent se montrer çà et là dans toutes les préparations, se rattachent manifestement au réseau, dans les photographies agrandies, par des prolongements qui échappent à l'observation directe. Les solutions de continuité des mailles que l'on observe dans les préparations traitées à l'état frais par l'azotate d'argent ou le chlorure d'or ne sont pas constantes et résultent de l'action nuisible ou irrégulière du réactif.

Vus par la face ventrale de la lamelle nerveuse, les filaments qui circonscrivent les mailles sont lisses et à bords réguliers. En examinant, au contraire, la lame nerveuse complètement isolée par sa face dorsale, ces mêmes filaments présentent une surface irrégulière, hérissée de prolongements qui se montrent, dans certains cas, disposés en séries régulières sur les bords des filaments d'où ils se détachent comme les barbes d'une plume. Ces fibrilles font corps avec les filaments du réseau, elles émanent de sa substance. Ce sont des fibrilles nerveuses élémentaires, qui, parallèles les unes aux autres, se dirigent perpendiculairement au plan de la lame nerveuse, de la face ventrale à la face dorsale, et à ce niveau se réunissent en arcade et constituent un dernier réseau, véritablement terminal, d'une régularité admirable, dont les mailles et les filaments ont à peine le quart des dimensions du réseau d'origine de la face ventrale (réseau terminal de Kölliker). L'ensemble des deux réseaux nerveux et des prolongements qui les unissent constitue une couche spongieuse réticulée, à mailles de grandeur décroissante de la face ventrale à la face dorsale, dans laquelle tous les éléments nerveux s'anastomosent en arcade et se fusionnent, sans qu'on y rencontre une seule extrémité libre.

Il résulte de l'analyse histologique des éléments constituants des disques électriques de la torpille, qu'on ne rencontre dans ces organes, en outre des ramifications des fibres nerveuses et de la lame nerveuse réticulée, rien autre chose que des vaisseaux et des éléments (cellules, fibrilles et membranes), appartenant tous aux tissus conjonctifs. Les éléments nerveux seuls font partie de la catégorie des formations organiques (muscles et nerfs) dans lesquelles on observe un développement ou plutôt une transformation de force.

Comme l'indiquait déjà Kölliker en 1857, les nerfs eux-mêmes sont la seule source de l'électricité de l'organe électrique de la torpille. Par quel mécanisme les éléments nerveux peuvent-ils produire ces effets? C'est une question dont la solution est, je crois, possible aujourd'hui. Les troncs et les ramifications des nerfs électriques possèdent, on le sait, des propriétés et des fonctions semblables à celles des nerfs moteurs : ce sont des nerfs à action centrifuge qui transmettent la force de décharge nécessaire à la transformation des énergies potentielles

organiques (forces de tension) en forces vives. L'action que la décharge nerveuse exerce sur la force de tension accumulée par la nutrition dans les muscles (contractilité), dans les cellules et dans les réseaux de la substance grise centrale (neurilité), pour la faire passer à l'état de force vive, de travail mécanique, de force excito-motrice, de sensation ou d'acte psychique, elle l'exerce aussi sur les lames nerveuses réticulées dont la disposition et la structure présentent la plus intime analogie avec celle des réseaux de la substance grise centrale des vertébrés (Gerlach) et des invertébrés (Leydig).

Dans les muscles et dans les centres nerveux en même temps que se manifeste l'activité des forces organiques sous forme de contraction, de sensation, de pensée, une fraction de ces forces de tension passe à l'état de force vive sous forme de chaleur, sous forme d'électricité. Dans les lames nerveuses réticulées de l'appareil électrique, où ne se manifestent ni mouvement ni sensation, la presque-totalité de l'énergie potentielle (neurilité) accumulée par la nutrition dans le réseau nerveux terminal se transforme en électricité. Il n'y a là rien autre chose qu'un cas particulier de ces transformations des forces organiques en forces cosmiques et inversement, qui sont l'essence même des manifestations de la vie.

L'analogie entre les appareils électriques et les nerfs, d'une part, les muscles et les nerfs moteurs, d'autre part, a depuis longtemps frappé les physiologistes. Les expériences célèbres de Matteucci sur l'influence de la volonté sur les décharges électriques, sur la simultanéité des contractions volontaires et de la décharge, sur l'analogie des effets de l'excitation directe du lobe électrique, des nerfs électriques, de la section de ces nerfs, de la fatigue de l'organe, de l'action des poisons convulsivants, agissant à la fois sur les muscles et sur l'organe électrique, et enfin les décharges réflexes d'électricité provoquées par le même mécanisme que les convulsions musculaires et en même temps que celles-ci, avaient, dès cette époque, démontré une analogie si frappante entre l'organe électrique et leurs nerfs d'une part, les muscles et les nerfs moteurs d'autre part, que Blainville, pour la mettre davantage en lumière, rédigeait un tableau comparatif de la contraction musculaire et de la fonction de l'organe électrique. Les expériences récentes de Marey sur les caractères de la décharge de l'organe électrique ont apporté de nouvelles preuves en faveur de cette analogie.

Mais la découverte des *plaques motrices* terminales et de leur structure intime conduit à considérer ces analogies entre les muscles et les organes électriques sous un jour nouveau et à préciser ce qui dans un organe musculaire complet, comprenant à la fois le nerf moteur et le muscle, peut être assimilé, au point de vue organique et fonctionnel, à l'organe électrique et à ses nerfs. C'est à l'époque même où je poursuivais mes dernières recherches sur la structure intime des

plaques motrices (1) que je dirigeai parallèlement mes investigations sur la terminaison des nerfs dans l'appareil électrique des torpilles (2), et tout récemment *Ciaccio* a publié un important travail sur la ressemblance qui existe entre les *plaques motrices* et les *plaques électriques* des torpilles. Mais les *plaques motrices* des torpilles, comme je l'ai vérifié moi-même, sont, il est vrai, un très beau spécimen de plaques motrices, mais en tout semblables à celles des reptiles écailleux et même des mammifères, et, contrairement aux assertions de Ciaccio, les nerfs moteurs se terminent dans ces plaques motrices comme les nerfs électriques dans la lame nerveuse des plaques par un réseau d'anastomes à mailles fermées, sans extrémités libres ni pointillées, ni cils électriques, dont l'image la plus exacte est celle du réseau des nervures d'une feuille dont le parenchyme a été détruit par macération. Or la seule partie de l'organe électrique qui puisse être le siège d'un développement ou plutôt d'une transformation de forces, c'est la lame nerveuse, la véritable plaque électrique identique par sa structure à la plaque motrice. Or, si l'appareil terminal de deux catégories de nerfs à action centrifuge, dont l'identité fonctionnelle est démontrée expérimentalement, est identique aussi, n'est-on pas en droit d'admettre comme très probable que, dans la plaque motrice comme dans la lame électrique, la neurilité se transforme en électricité sous l'influence de la force de décharge (vibration nerveuse) propagée par le nerf moteur, et que c'est cette décharge électrique qui à son tour détermine la contraction musculaire?

L'identité entre les plaques motrices musculaires et les plaques électriques conduirait encore à chercher si ces organes exceptionnels, dont le mode de fonctionnement présente tant d'analogie avec celui des muscles, n'auraient pas pour origine première des muscles dans lesquels les éléments contractiles des faisceaux primitifs, — les fibrilles, — ne se seraient pas développés, tandis que les plaques motrices au contraire, par suite d'un développement excessif, constitueraient chacune une plaque électrique, un des éléments d'un prisme électrique, analogue lui-même à un faisceau secondaire d'un muscle de la vie animale.

19. — *Des substances amyloïdes; de leur rôle dans la constitution des tissus des animaux.* (Journal de la physiologie, etc., 1re partie, n° de janvier 1859; 2e partie, n° d'avril 1859. — Extrait dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences, avril et juin 1859, et *Traité de physiologie* de Longet, tome II, 3e édition, pages 444 à 449.)

La formation du sucre dans l'organisme animal, attribuée à une *nouvelle fonc-*

(1) *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences.* Juin 1866.
(2) *Bulletins de l'Académie de médecine.* 1866.

tion du foie, est une des questions qui ont lo plus vivement préoccupé les physiologistes. Dans la controverse qui s'est élevée sur ce sujet, les adversaires de Claude Bernard se sont efforcés de démontrer que le sucre, ou même la matière glycogène, que l'on rencontrait dans le foie, dans le sang ou dans les muscles, provenait directement des aliments. De son côté, l'habile expérimentateur apportait sans cesse de nouveaux faits à l'appui de son opinion, et, par la découverte d'une substance glycogène dans le parenchyme hépatique, semblait avoir mis hors de contestation, et la formation du sucre dans l'organisme animal, et le rôle spécial du foie comme organe de cette *nouvelle fonction.* Mais, dans tout le cours de cette discussion, adversaires et partisans de la glycogénie hépatique méconnaissaient également que tous les actes qui s'accomplissent dans un organe ne constituent pas pour cet organe autant de fonctions spéciales; que, pour caractériser uno fonction, il faut tout à la fois et un élément, un tissu propre, et un rôle spécial dans un des grands actes, soit de conservation de l'individu, soit de conservation de l'espèce, soit de relation de l'organisme avec les milieux ambiants. A diverses reprises, Claudo Bernard avait, il est vrai, cherché dans lo foie deux espèces d'éléments distincts, les uns destinés à la sécrétion de la bile, les autres à la sécrétion du sucre; mais ces tentatives étaient restées infructueuses, et, d'autre part, il était impuissant à assigner à la *nouvelle fonction* un rôle digne de l'importance qu'on lui attribuait. Il y avait déjà là des motifs suffisants de contester les fondements mêmes de la doctrine de la fonction glycogénique du foie. Mais, lorsqu'on eut constaté la présence du sucre et d'une matière glycogène dans les muscles et le poumon du fœtus, il semblait qu'on eût dû être mis sur la voie de la véritable signification des faits observés dans le foie, et qu'on eût dû regarder comme inadmissible l'idée que des organes aussi différents de tous points que le foie, les muscles et le poumon, pussent être les agents d'une même fonction.

Bernard, au contraire, considéra ces faits comme une confirmation de son opinion, et lorsque la suite de ses recherches lui fit rencontrer dans les annexes du fœtus des éléments renfermant une substance glycogène, il crut avoir découvert un nouvel *organe hépatique,* chargé temporairement de la *fonction glycogénique* avant le développement du foie. C'est alors que, convaincu qu'une telle interprétation des faits était incompatible avec les vrais principes de la science et ayant, d'autre part, constaté par mes propres observations que les cellules des prétendues plaques hépatiques de l'amnios ne présentaient, quoi qu'on en eût dit, aucune analogie avec les éléments du foie, et n'étaient rien autre chose que des cellules d'épithélium corné, je fus conduit à envisager la question à un point de vue tout différent de celui auquel on s'était placé jusque-là.

Je recherchai aussitôt et trouvai, suivant mes prévisions, dans la plupart des épithéliums et dans quelques autres éléments cellulaires du fœtus, les caractères attribués aux prétendues *cellules glycogènes spéciales* des organes hépatiques. Il était dès lors évident que la présence d'une substance glycogène se rapportait, non point à une fonction spéciale d'un ou de plusieurs organes, mais seulement à certaines conditions particulières de constitution et de nutrition des tissus, et j'instituai un ensemble de recherches dont les conclusions sont formulées dans les propositions suivantes :

« Les substances amyloïdes (glycogènes) existent dans l'organisme des animaux au même titre que les substances protéiques et les substances grasses. Leur présence comme élément constituant des tissus normaux n'est pas limitée à quelques espèces animales parmi les invertébrés (les tuniciers), ni à un seul organe chez les vertébrés (le foie); elle est commune à la plupart des espèces d'invertébrés et se rencontre dans beaucoup d'organes, tantôt seulement pendant certaines périodes du développement, tantôt pendant toute la vie. Le sucre dérive de la désassimilation des substances amyloïdes des tissus, comme l'urée de celle des substances protéiques. »

La première partie de mon travail est consacrée à l'examen des corps amyloïdes qui ne se rencontrent dans l'organisme que dans certaines conditions accidentelles ou pathologiques. Je montre que c'est par suite d'erreurs d'observation que l'on a attribué à l'organisme des animaux la faculté de produire des grains de fécule semblables à ceux des végétaux (1). J'établis les caractères distinctifs, chimiques et histologiques des concrétions amyloïdes pathologiques, qui ne permettent pas de les confondre avec les corps d'origine végétale.

Dans la deuxième partie, je démontre que les différents états sous lesquels on rencontre les substances amyloïdes chez les végétaux, l'amidon amorphe, l'amidon granuleux, la cellulose végétale, ont leurs analogues chez les animaux.

L'amidon granuleux est représenté par le *paramylum,* que j'ai rencontré chez plusieurs espèces d'infusoires, mais surtout chez les *Grégarines*.

La cellulose a pour analogue, non-seulement la substance du manteau des tuniciers, mais aussi celle qui forme l'enveloppe et le squelette de tous les articulés, la *chitine*. On avait déjà soupçonné l'analogie de cette substance avec celle qui forme la base des tissus des végétaux, mais on n'avait pas pu le démontrer d'une manière directe. J'ai fait voir que la chitine se colorait en bleu en présence de la teinture d'iode et du chlorure de zinc, comme la cellulose végétale. De plus,

(1) CARTER, *On starch as a constituent of animal organisation* (Edinburgh, 1858). — LUYS, *Les corpuscules amyloïdes, comme production normale à la surface de la peau.* (*Mémoires de la Société de biologie*, 1858).

à l'aide d'une réaction très-simple et qui n'altère même pas ses caractères histologiques, j'ai pu ramener la chitine à l'état de substance analogue à l'amidon et à la dextrine, et opérer sa transformation en sucre dans les mêmes conditions que la cellulose végétale.

L'amidon amorphe (inuline), qui n'existe qu'exceptionnellement chez les végétaux, est représenté par la *zoamyline* (matière glycogène), qui se présente, non pas à l'état de substance granuleuse, comme l'ont avancé à tort les premiers observateurs, mais à l'état de plasma homogène.

J'ai démontré que cette substance se rencontre dans la plupart des tissus des embryons de vertébrés, principalement des mammifères; que sa présence dans les papilles et plaques de l'amnios n'avait aucun rapport avec le développement du foie; que ces prétendus organes glandulaires n'étaient autre chose que des verrues épithéliales; que souvent le placenta et l'amnios étaient dépourvus de cellules contenant une matière glycogène, tandis que les épithéliums de la peau ou des muqueuses des fœtus de mammifères en contenaient une plus ou moins grande quantité jusqu'au moment de la naissance et même après. Le canal central des faisceaux primitifs des muscles de l'embryon, les cellules des cartilages d'ossification, les cellules des bulbes pileux, sont dans le même cas, et peuvent fournir du sucre, comme la substance du foie, même lorsque celle-ci est complètement développée.

Le foie n'est pas le seul organe qui chez l'homme adulte renferme une substance glycogène. Les muscles de la vie animale sont dans le même cas; on peut y constater directement l'existence de cette manière glycogène chez l'embryon et chez les animaux adultes dans certaines conditions spéciales, telles que l'hibernation et le repos absolu.

La présence de l'*acide lactique*, en quantité notable dans le suc exprimé de ces organes, indique aussi d'une manière presque certaine qu'une matière glycogène s'y détruit ou s'y transforme constamment par le fait de la nutrition.

Chez les invertébrés, j'ai constaté la présence de la zoamyline non-seulement chez les embryons de l'*Hydre verte*, d'*Hirudinées*, de *Mollusques gastéropodes*, mais aussi chez des larves aquatiques d'insectes (*Libellules*, *Tipulides*), où elle entre pour une grande part dans la constitution de l'organe connu sous le nom de *corps adipeux :* ce même organe m'a paru contenir encore cette substance chez des insectes (*Orthoptères*) adultes.

Enfin, j'ai observé un plasma amylacé dans la cavité du corps de la *Nais proboscidea*, d'un *Rhabdocélien*, et dans le parenchyme ou sarcode d'infusoires ciliés (*Spirostomes*) ou parasites (*Bursaria ranarum*). Ce fait ne s'est pas présenté d'une manière constante chez les mêmes espèces, il m'a paru en rapport avec la digestion.

Les cellules hépatiques, qui reçoivent les premières par la veine porte les produits de l'absorption intestinale, les absorbent et les modifient. Pour ce qui concerne la glycose et la dextrine provenant de la digestion des substances féculentes, elles les transforment en graisse ou en glycogène (zoamyline); emmagasinées à l'état de réserve dans les cellules hépatiques, ces substances sont ensuite excrétées, et restituées au sang et à la lymphe à l'état de savons solubles et de sucre, et sont reprises et assimilées par d'autres tissus, le tissu musculaire en particulier.

On avait remarqué, depuis longtemps, que tout aliment complet (le lait, les œufs, les graines des végétaux, etc.) renferme, indépendamment de l'eau et des sels minéraux, des principes immédiats *albuminoïdes*, *gras, féculents* ou *sucrés*. Ces mêmes principes se retrouvent tous dans le sang, et l'on sait maintenant que les trois espèces concourent, dans des proportions variables, à la constitution de différents tissus (épithélium, cartilages, muscles, parenchyme hépatiquo, tissu conjonctif des *insectes*, des *tuniciers*, etc.). Il paraît impossible de ne pas voir entre ces faits fondamentaux une corrélation intime, le sang empruntant aux aliments et rendant aux tissus les substances azotées, grasses ou amyloïdes, nécessaires à l'entretien de l'organisme.

S'il est établi que certaines substances alimentaires puissent passer d'un groupe dans un autre, que le sucre et les fécules, par exemple, puissent, comme il vient d'être dit, se transformer en matières grasses, il est douteux que les substances protéiques ou albuminoïdes soient dans le même cas. Ce ne sont, en quelque sorte, que les matériaux de réserve qui sont soumis à ces transformations; rien ne porte, d'ailleurs, à penser qu'elles aient lieu régulièrement et nécessairement, et que, après une série de dédoublements, de décompositions, les principes immédiats se reforment de toutes pièces pour faire partie intégrante des tissus. Il paraît, au contraire, qu'en général dans les animaux tout se borne à des modifications de la nature de celles que l'on observe dans les corps dits isomériques ou dans les dérivés d'un mèmo radical; l'albumine végétale, l'albumine de l'œuf, la fibrine des muscles, la légumine, etc., deviennent de l'albuminose, de l'albumine du sérum, et celle-ci, à son tour, se métamorphose en substance contractile, en substance donnant de la gélatine ou de la chondrine, en globuline, en hémato-cristalline, etc., toutes substances protéiques du même groupe que l'albumine.

En est-il de même des substances amyloïdes? A l'époquo où l'attention était uniquement concentrée sur la *formation du sucre par le foie*, on s'efforçait d'établir que ce phénomène était absolument indépendant de la nature de l'alimentation; que le sucre pouvait et devait prendro naissance dans le foie aux dépens

des substances protéiques, par un mode analogue à celui de la transformation de l'hématosine en sucre, transformation obtenue par Lehmann à l'aide de l'acide nitrique. Les matières féculontes entrées comme sucre (glycose) dans la veine porte, et arrivées en cet état dans le foie, étaient, disait-on encore, détruites dans cet organe et changées en une autro matière qui avait toute l'apparence d'une substance graisseuse émulsionnée par un principe protéique spécial.

L'hypothèse de ces transformations, basée à peu près uniquement sur des formules théoriques fut bientôt contredite par des faits. Claude Bernard montre lui-même que le sucre se formait, non pas par la destruction d'un principe azoté, mais par uno espèce de fermentation d'une matière glycogène préexistant dans le foie. Le sang fournissait le *ferment*, et tout se passait, en somme, comme dans les végétaux, où la fécule se transforme en sucre au contact de la diastase développée dans les cellules voisines de celles qui renferment les grains amylacés. La difficulté n'était pourtant que reculée, car on persistait à soutenir, pour la matière glycogène, ce qu'on avait dit d'abord pour le sucre, c'est-à-dire qu'elle prenait naissance aux dépens des substances protéiques : opinion basée sur l'existence de cetto matière chez les animaux uniquement nourris de viande.

Mais, en admettant que, dans ce cas, la matière glycogène ait pour origine les substances protéiques de la chair musculairo, est-il exact de prétendre que, dans le cas où l'alimentation introduit dans l'économie des fécules ou du sucre, il n'y ait aucune relation entre ces substances alimentaires et la matière glycogène des tissus, et en particulier du tissu hépatique? Cette manière de voir est en contradiction avec l'interprétation exacte des résultats obtenus même par Claude Bernard : « La décoction du foie d'un chien nourri exclusivement de matières albuminoïdes est parfaitement limpide ; la décoction du foie d'un chien nourri avec uno bouillie de fécule est, au contraire, trouble, opaline, ayant une apparence laiteuse. » Cette apparence, Claudo Bernard la croyait due à la présence d'une *matière chyleuse*, d'uno substance caséeuse mêlée de graisse. « Dans les foies d'animaux qui n'ont pas été nourris avec une alimentation fortement sucrée ou féculente, ajoute-t-il, on n'obtient que de faibles proportions de cette substance caséouse susceptiblo de céder de la matière grasse. » Cette prétenduo matière chyleuse, cette substance caséouse mêlée de graisse, n'était autre chose que la matière glycogène, dont, à cette époquo, on ne connaissait pas encore l'existence et les caractères. Un autre expérimentateur a, d'ailleurs, montré l'influence directo d'une alimentation végétale sur le développement de la matière glycogène du foie. Il résulte, en effet, de plusieurs séries d'expériences de W. Pavy, que, tandis que, chez des chiens nourris exclusivement de viande, la proportion moyenne d'hépatine (il désigne sous ce nom la matière glycogène contenue dans le foie) n'était que de

6, 97 pour 100, cette proportion s'élevait à 17, 23 pour 100 chez d'autres chiens nourris de pommes de terre bouillies, de farine d'orge ou de pain, et qu'elle se maintenait à 14, 5 pour 100 lorsqu'à la nourriture animale on ajoutait une forte proportion de sucre. En présence de ces derniers faits, il n'est guère permis de douter que les substances glycogènes des aliments ne soient la principale, sinon l'unique source des principes amyloïdes des tissus, de même que les aliments azotés sont, comme on le reconnaît généralement, la sourco des composés protéiques de l'économie.

En comparant des phénomènes de nutrition chez les végétaux et les animaux, on établit une parfaite analogie dans les différentes phases de la transformation des substances amyloïdes dans les deux cas. La cellulose, qui se forme pendant l'accroissement do la plante, provient de la sève; celle-ci contient du sucre, de la gomme, etc., et la proportion de ces substances est plus considérable à l'époque où la végétation est plus active. Dans une plante qui germe, comme nous en avons déjà fait la remarque, la féculo de la graino ou du tuberculo se transforme en sucre, et celui-ci se métamorphose à son tour en enveloppe de cellulose, ou en grains de fécules remplissant les cellules nouvellement formées de la jeune plante, De même chez les animaux, la féculo des végétaux se change on sucre qui passe dans lo sang,et c'est aux dépens de ce sucre que, par un effet régressif,se forment les principos amyloïdes des tissus eux-mêmes.

Chez les mammifères herbivores, le sang qui arrive au placenta contient du sucre en notable proportion, et c'est surtout chez eux que les tissus de l'embryon sont riches en principe amyloïde ou zoamyline. Choz les vertébrés ovipares, l'albumine et lo jaune do l'œuf renferment du sucre, mais ce sucre n'est pas en très forte proportion; aussi los tissus des embryous d'ovipares contiennent-ils beaucoup moins do matière glycogène que ceux des embryons de mammifères. Il resterait à expliquer la formation do la matière glycogène chez les animaux exclusivement carnivores. A cot égard, de mêmo qu'on s'était efforcé de trouver du sucre dans le sang et dans la viande des animaux de boucherie, de même aussi on a cherché à établir que la chair des animaux qui servent à la nourriture des carnivores contient une matière glycogène, et il faut reconnaître quo, si tous les résultats annoncés par A. Sanson n'ont pas été confirmés, il n'est pas moins résulté de ses recherches co fait important, accepté et vérifié par d'autres observateurs : c'est que, chez les animaux dont l'alimentation est riche en fécule, celle-ci peut passor dans le sang et être retrouvéo dans los muscles à l'état de dextrine. Ce fait exige une nouvelle vérification de toutes les expériences antérieures dans lesquelles on n'avait recherché que le sucre (glycose), seul produit de la transformation des fécules dont on connût alors l'absorption directe par les vaisseaux de l'intestin.

Il existe encore un autre ordre de faits qui tendrait à prouver que les animaux exclusivement nourris de viande (chair musculaire) ne sont pas entièrement privés de substances glycogènes. Les muscles des fœtus et ceux des mammifères nouveau-nés renferment une quantité notable de plasma amylacé, qui semble disparaître quelques heures après la naissance. Mais, dans certaines conditions, chez l'adulte, de la substance glycogène reparaît dans le tissu musculaire, pendant l'hibernation, par exemple, ou bien aussi dans les muscles d'un membre condamné au repos absolu par la section des nerfs moteurs : il semble qu'alors la présence de cette matière devienne sensible parce que, n'étant pas dépensée, elle s'accumule; tandis que, dans les conditions ordinaires d'activité, elle est transformée, presque aussitôt qu'elle apparaît, par la nutrition des éléments musculaires. Ce qui vient à l'appui de cette opinion, qu'une substance amylacée prend part à la constitution du tissu musculaire, et se détruit à mesure que les éléments de ce tissu fonctionnent, c'est la présence, dans le suc extrait des muscles, de l'inosite et surtout de l'acide lactique. L'existence de ces principes se rattache si directement à celle de la substance amylacée, que c'est en constatant que l'acide lactique se développait abondamment dans le tissu musculaire des fœtus que Claude Bernard fut conduit à découvrir, dans ce tissu, le sucre d'abord et plus tard la matière glycogène. Dans les derniers temps de la vie utérine, la substance amyloïde des muscles du fœtus ne donne plus lieu qu'à la fermentation lactique. Or on trouve cet acide dans les muscles chez l'adulte; aussi est-il d'autant plus naturel d'en conclure la préexistence d'une manière identique avec celle qui, chez le fœtus, donne lieu à la formation du même acide, que cette matière peut être directement constatée, chez l'adulte, dans les conditions spéciales que nous venons de mentionner plus haut.

Ainsi l'acte de la nutrition paraît se borner à fixer, en les modifiant très-légèrement, dans les tissus amyloïdes, les substances de même nom introduites dans le sang par l'alimentation. Si la transformation du sucre en matières glycogènes est le premier terme de l'acte nutritif, *la production du sucre aux dépens de ces mêmes matières paraît être le dernier terme de la nutrition des précédents tissus*. Tous les faits relatifs à la présence du sucre chez le fœtus, à la présence de cette substance dans le foie chez l'adulte, s'adaptent naturellement et simplement à cette manière de voir. Que le sucre se produise aux dépens de la matière glycogène de l'amnios, de celle du poumon, de la dextrine des muscles, ou bien aux dépens de la matière glycogène du foie et au contact du sang, c'est bien évidemment, dans tous ces cas, un phénomène de même nature : ce n'est jamais le résultat d'une fonction spéciale de tel ou tel organe, c'est le dernier terme d'un acte d'ailleurs commun à tous les tissus de l'économie, *la nutrition*.

Dans les conditions tout à fait normales, la nutrition du foie introduit dans le sang qui sort de cet organe des quantités très faibles de matières sucrées ainsi qu'il semble résulter des expériences de W. Pavy. Mais la circulation hépatique vient-elle à être troublée soit par un obstacle à la respiration, soit par compression du foie, soit par une irritation directe ou réflexe de ses nerfs vaso-moteurs (Schiff), aussitôt la congestion ou l'hypérémie du foie est suivie d'un accroissement plus ou moins exagéré de l'activité nutritive (irritation nutritive de Virchow), le sucre apparaît en quantité plus ou moins considérable dans le sang des veines sus-hépatiques, et, ne pouvant pas être détruit dans le sang si sa proportion dépasse 3 pour 100 (Lehmann), il passe dans les urines. La production d'un diabète artificiel par l'introduction de substances irritantes (éther, chloroforme, térébenthine) dans le sang de la veine porte, est un des faits qui concordent le mieux avec cette manière de voir. Quant à l'influence de l'irritation des pneumogastriques, de la piqûre du plancher du quatrième ventricule sur la production du sucre par le foie, Bernard lui-même ramène toutes ces actions à un effet commun, à l'excitation réflexe des nerfs musculaires du foie et à la congestion active des vaisseaux hépatiques qui en est la conséquence : afflux sanguin plus abondant dans cet organe, activité plus grande de la nutrition, augmentation dans la production du sucre, ce sont là trois termes évidemment corrélatifs. La piqûre de la moelle au-dessous des nerfs phréniques ralentit la circulation abdominale, les vaisseaux du foie sont moins pleins de sang, la température s'abaisse, la nutrition se ralentit, le sucre disparaît. En résumé *certains tissus animaux possèdent, comme élément constituant, une substance amyloïde; dans l'acte d'échange des matières, acte essentiel de la nutrition, ces tissus, après s'être approprié d'abord, en les transformant en substance glycogène ou amyloïde, le sucre ou la dextrine introduits dans le sang par l'alimentation, rendent à ce fluide, directement ou par l'intermédiaire des lymphatiques, du sucre, produit de désassimilation formé ou plutôt reformé dans l'organisme.* La production du sucre n'est pas le but, mais seulement la conséquence de la présence de matières amyloïdes dans certains tissus organiques : elle résulte de la désassimilation de ces matières comme l'urée résulte de la désassimilation des substances protéiques ou albuminoïdes.

20. — *Note sur les corpuscules des os et le développement des os secondaires.* (Journal de la physiologie, etc., vol. I, octobre 1858.)

J'établis par des faits nouveaux, fournis par l'observation du développement du tissu osseux, que les cellules du cartilage primitif ou de la moelle persistant plus ou moins modifiées à toutes les périodes d'évolution du tissu osseux, con-

stituent les cellules décrites chez l'adulte par Virchow, comme cellules osseuses, et dont l'existence a été à tort contestée par Robin et Henle. J'ai montré : 1° que ces cellules, dont on pouvait encore distinguer le noyau et la masse de cellule chez l'animal adulte, occupaient la cavité du corpuscule osseux ; 2° que les canalicules ramifiés n'étaient pas une dépendance des cellules osseuses, mais seulement des vides, des fissures dans lesquelles pénètrent probablement pendant la vie les prolongements du protoplasma des cellules osseuses et par lesquelles les cavités centrales (*corpuscules*, *lacunæ ossium*) sont en communication les unes avec les autres, et avec les surfaces libres do la substance osseuse; 3° j'ai indiqué un nouveau procédé pour isoler de la substance fondamentalo do l'os les corps quo Virchow et Donders ont décrits comme cellules osseuses, et montré qu'ils étaient, en réalité, constitués par les parois propres des cavités, par les *capsules osseuses*, renfermant dans leur intérieur la véritable cellule plus ou moius altérée. Ces observations permettront d'envisager sous un jour nouveau l'histoire des cellules plasmatiques et des espaces lacunaires qui servent de réservoirs au plasma nutritif, et le mécanisme intime de la nutrition, non-seulement dans le tissu osseux, mais dans toutes les espèces de tissus conjonctifs.

Le plasma, qui pénètre par imbibition dans le système des lacunes et fissures de la substance fondamentale do ces tissus, subit, de la part des corps cellulaires disséminés dans les lacunes centrales, les modifications nécessaires à la nutrition propre de chaque espèce de tissu, de même quo, dans les glandes, les cellules spéciales du parenchyme élaborent le plasma commun du sang, de façon à produire la sécrétion propre à chacun do ces organes.

Les observations sur l'évolution des os de la voûto du crâne, chez le fœtus de l'homme et dos mammifères, ont confirmé le fait du développement normal de tissu osseux aux dépens de membranes fibreuses, et montré en même temps que s'il n'était pas vrai que, dans ce cas, le tissu cartilagineux se développât de toutes pièces, à mesuro que progressait l'ossification, celle-ci était, cependant, précédée d'une modification restée inaperçue ou mal interprétée jusque-là, et consistant dans la métamorphose de la substanco fondamentale fibreuse, en substauce homogène transparente et compacte (*chondroïde*). Les cellules plasmatiques, qui appartenaient primitivement au tissu fibreux, persistent, au contraire, dans leur intégrité à toutes les périodes do l'ossification.

21. — *Développement des tissus conjonctifs.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1874-1875.)

Dans mon travail sur les migrations et les métamorphoses des globules blancs, dans mes mémoires sur lo développement des capillaires sanguins et

lymphatiques, et sur le développement des nerfs chez les larves de batraciens, j'ai établi que les cellules pigmentaires ramifiées, sous-épidermiques et dermiques, ont pour origine des mélanocytes, doués de mouvements amiboïdes, qui se fixent et forment des colonies; qu'il en est de même pour la tunique adventice à cellules pigmentaires des artérioles et des veinules, et que le périnèvre et le névrilemme des ramuscules nerveux sont aussi constitués lors de leurs premières apparitions par des leucocytes ou des mélanocytes migrateurs. Mes observations sur le développement des larves de batraciens m'ont également démoutré que le tissu dermique à cellules ramifiées et substance intercellulaire colloïde, qui constitue la lame de soutien de la membrane natatoire, est aussi formé par des leucocytes sortis par diapédèse des premiers vaisseaux qui confinent à la membrane uatatoire, et qu'il s'accroît ensuite au moins pendant les premiers temps par l'arrivée de nouveaux éléments cellulaires de même provenance.

Au moment de l'éclosion, la membrano natatoire n'est qu'uno crête étroite longeant de chaque côté l'axe caudal et formée uniquement par un repli de l'épiderme, doublé en dedans d'une cuticule homogène extrêmement mince, sécrétée par les cellules épidermiques. Entre les deux lames de cette cuticule, accolées l'une à l'autre, rien n'est interposé, sauf au voisinage immédiat dans l'écartement des deux lames, où se trouve une traînée de cellules embryonnaires sans aucun prolongement, et remplies de globules vitellins, entièrement semblables à celles qui circulent mêlées aux globules colorés dans les vaisseaux. Dès que les premières anses vasculaires apparaissent, on voit de ces globules sortir des vaisseaux nouvellement formés, et former autour d'eux des amas de cellules absolument semblables à celles que l'on rencontre au moment de l'éclosion. Quelques heures après l'éclosion, et dans le courant de la première et de la deuxième journée, on voit quelques-unes de ces cellules les plus éloignées de l'axe pousser des prolougements amiboïdes du côté du bord libre de la crête natatoiro et s'engager peu à peu entre les deux lames; successivement de nouvelles cellules so détachent de l'amas de cellules immobiles, poussent des prolongoments et émigrent vers le bord libro, tandis que de nouvelles cellulos globuleuses provenant des vaisseaux de l'axo caudal les remplacent; le nombre des cellules ramifiées augmente, elles se rapprochent du bord libre qu'elles n'atteignent cependant que vers le quatrième jour, et en même temps la membrane natatoire s'épaissit par le dépôt d'une substance colloïde, entre les cellules, dans l'écartoment des deux lames de la cuticule épidermique. Plus tard, la réserve de globules vitellins que les cellules traîneut à leur suite, est consommée et résorbée; le protoplasma cellulaire émet des prolongements dans tous les sens, qui marchent à la rencontre de ceux de leurs congénères, s'y accolent et constituent un

reticulum conjonctif avec substance interstitielle homogène, identique au tissu muqueux des embryons de mammifère. Lorsque les premiers rudiments des membres apparaissent et même avant, on trouve en dilacérant ou écrasant le derme de la membrane natatoire, au sein de la substance interstitielle colloïde, des fibrilles à contours obscurs et réfringents, résistant à l'action des acides, et présentant de grandes analogies avec les fibres élastiques du tissu conjonctif fibreux, et surtout avec les fibres de noyau de Henle; j'ai constaté que ces fibres qui traversent perpendiculairement le derme de la surface dorsale à la surface ventrale sont constitués par des tubes très-étroits, formés d'une substance dure et résistante qui s'est déposée autour des prolongements protoplasmatiques des cellules conjonctives ramifiées. L'imprégnation par l'azotate d'argent démontre nettement cette structure. Il existe, en outre, chez les larves de plusieurs espèces de batraciens (*Hyla, Pelodytes, Cultripes*) une couche continue de cellules à protoplasma vacuolaire immédiatement au-dessous de la cuticule sous-épidermique qui se confond alors intimement avec une membrane fibreuse, fenêtrées à fibres entre-croisées à angles droits, qui paraît être produite par les cellules à vacuoles, comme les couches fibreuses de la cornée le sont par les cellules ramifiées.

Cette couche de cellules à vacuoles, douées d'une faculté d'absorption très énergique, débute également par des leucocytes migrateurs, qui se différencient dès le deuxième jour de ceux qui formeront le reticulum de la lame conjunctive, parce que, au lieu d'émettre des ramifications multiples, ils s'allongent en fuseau creusé de vacuoles : ce sont ces éléments cellulaires quo Kölliker a décrit dans son premier mémoire (1846) comme des cellules vaso-formatrices. En suivant leur évolution, on constate qu'elles sont aussi étrangères que les cellules ramifiées à la formation des nouveaux vaisseaux. Leur protoplasma, qui de très bonne heure se caractérise par la présence de vacuoles permanentes, s'étale bientôt en ramifications de plus en plus larges, qui se soudent entre elles et avec celles des cellules contiguës de même espèce et forment une couche continue sous-cuticulaire chez les espèces citées plus haut, tandis que chez la *Rana Esculenta* elles constituent le périnèvre primitif des fibres pâles de la membrane natatoire.

22. — *Développement embryonnaire des fibres musculaires de la vie animale et du cœur,* avec planche. (Journal de la physiologie de l'homme et des animaux. — 1863.)

Les faisceaux primitifs striés des muscles de la vie animale, que l'on voit chez les larves de batracien sous forme de cellules à un ou deux noyaux, apparais-

sent chez les embryons de mammifère (*Lapin, Porc, Veau, Homme*) vers la fin du premier tiers de la vie embryonnaire, sous la forme de cylindres s'étendant d'une extrémité à l'autre du muscle dont ils font partie. A la périphérie de ces cylindres, immédiatement sous le sarcolomme est une couche plus ou moins épaisse de fibrilles caractérisées par un commencement de striations transversales. Au centre du cylindre ost une cavité remplie par les noyaux disposés en série linéaire, pressés les uns sur les autres, et entourés par un protoplasma commun, infiltré de granulations brillantes, vitellines, de nature graisseuse et renfermant à l'état de mélange avec une substanco protéique, une proportion considérablo de substance glycogène, liquide aussi (*zoamyline*), que la teinture d'iode colore fortement en brun rosé. Ces cylindres primitifs présentent un diamètre quatre ou cinq fois plus considérable que ceux des faisceaux primitifs du même muscle dans les dernières périodes de la vie embryonnaire ou à l'époque de la naissanco chez les mammifères. Ils diffèront également de ceux-ci en ce que les noyaux occupent lo centre du cylindre tandis que plus tard les noyaux dos faisceaux striés sont situés à la périphérie sous le sarcolemme. Ces différences résultent de ce que les cylindres primitifs à cavité centrale se segmentent secondairement par des sillons qui, partant de la cavité centrale, gagnent la périphérie, et divisent chaque cylindre en plusiours colonnes distinctes dont chacuno devient un faiscoau primitif. Les noyaux de la cavité centrale rostent accolés à ces segments ot se trouvent par suite à la périphério.

Dans les périodes ultérieures du développement, le diamètre des faisceaux primitifs, ainsi formé, augmento par suite de formation de nouvelles fibrilles dans son intérieur. Au moment de la naissance, les faisceaux primitifs ne montrent d'autres divisions intérieures que celles qui séparent les fibrilles les unes des antres, et leur nombre est beaucoup moins considérable que chez l'adulte. Plus tard le nombre des fibrilles augmente et on los voit former des groupes distincts (cylindres fibrillaires) dans l'intérieur du faisceau primitif. Il paraît probable que chacun de ces groupes provient de segmentations successives des fibrilles primitives. Des observations ultérieures m'ont permis de constater positivement un pareil mode de multiplication des fibres nerveuses.

Cotte division secondaire des cylindres primitifs embryonnaires n'a pas lieu chez les *Poissons* (sauf dans les muscles rouges do la ligne latérale), chez les *Amphibiens,* chez les *Reptiles écailleux*, ni dans les muscles pâles des *Oiseaux :* dans tous ces muscles à l'état adulto on retrouve les noyaux dans l'intérieur des cylindres ombryonnaires devenus faisceaux primitifs pleins, la cavité centrale ayant disparu. Ces faisceaux primitifs ont un diamètre beaucoup plus considérable que chez les mammifèros ot présentent à l'intérieur un commencemen.

de segmentation en fascicules correspondant aux faisceaux primitifs des mammifères. Les noyaux musculaires sont, en effet, situés à leur surface dans l'épaisseur des lames interstitielles de protaplasma qui les séparent les unes des autres.

Développement des fibres musculaires du cœur. — Dès qu'on peut apercevoir nettement les battements du cœur chez l'embryon de *Poulet*, vers la trente-sixième heure, on constate que la tunique musculaire, interposée aux grandes cellules du péricarde et à celles de l'endocarde, forme un réseau complet à mailles entre-croisées, analogue à ce que l'on observe si nettement chez l'adulte dans les points les plus minces de la paroi des oreillettes. Ce réseau très délicat est essentiellement constitué par des stries fibrillaires, granulouses, pâles, empâtées dans une substance protoplasmatique, homogène, parsemée de granulations moléculaires graisseuses, brillantes, et de noyaux nombreux et rapprochés, moins, cependant, que dans les muscles de la vie animale. La substance périphérique des trabécules du réseau se solidifie d'abord, enfermant les stries fibrillaires dans des gaînes anhystes plus ou moins résistantes. A cette époque les fragments du réseau, dilacérés et munis de noyaux, présentent encore l'aspect des cellules musculaires ramifiées et anastomosées. Le développement ultérieur se borne à l'accroissement et à la segmentation des trabécules du réseau, d'après un mode qui se rapproche beaucoup de celui des muscles lisses de la vie organique. Les cylindres à série centrale de noyaux font, en effet, également défaut ici; les trabécules du réseau se segmentent directement en faisceaux primitifs, caractérisés par un sarcolemme très-délicat et par la présence des noyaux aussi bien au centre qu'à la périphérie des faisceaux.

23. — *Mémoires sur le développement des nerfs chez les larves de batraciens.* 54 pages in-8° avec 5 planches. (Archives de physiologie, 1875.)

Observations sur le développement des nerfs périphériques chez les larves de batraciens et de salamandres. (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1874.)

I. *Fibres nerveuses primitives.* — Les *nerfs primitifs* se montrent sous forme de filaments fins qui se dirigent en se divisant, se subdivisant et s'anastomosant entre eux, vers le bord libre de la membrane natatoire et se terminent dans la couche profonde des cellules épidermiques. Sur les nerfs les plus rapprochés du tronc, on observe déjà à cette époque un ou plusieurs renflements, ovoïdes ou fusiformes, formés par le développement de noyaux. Sur les fibres dont le développement est plus avancé on trouve déjà des renflements nucléaires au niveau de la première

ou même de la seconde bifurcation : la moitié postérieure ou terminale de la queue ne présente, au contraire, que des filaments nerveux, dépourvus, sur tout leur parcours, de renflements nucléaires. On peut constater que les noyaux se forment sur place, comme ceux des stolons vasculaires ou filaments angioplastiques. Sur le trajet des fibres nerveuses primitives, surtout au niveau des bifurcations, on voit apparaître des nodosités très petites d'abord et dépassant à peine le diamètre de la fibre ; elles augmentent graduellement de volume ; on distingue alors dans leur intérieur une petite vésicule claire, qui s'accroît et présente bientôt les caractères d'un noyau.

Les renflements nucléaires font corps avec la fibre nerveuse ; ils sont formés par la couche de protoplasma extérieure, qui est, comme nous le montrerons, une des parties constituantes de la fibre nerveuse primitive, et par la vésicule nucléaire qui se développe au sein de ce protoplasma.

Les fibres nerveuses primitives qui, à l'état frais et sur l'animal vivant, semblent simples et homogènes, sont, en réalité, composées, malgré leur extrême ténuité, de parties aussi distinctes les unes des autres que les divers éléments constituants d'un tube nerveux à double contour, à l'état de développement parfait. On aperçoit, dans la partie des fibres nerveuses munies de noyaux, des fibrilles presque aussi ténues que celles qui forment les ramifications terminales. Ces fibrilles se séparent les unes des autres au niveau des bifurcations, finissent par s'isoler complètement et constituent alors les fines fibrilles du réseau terminal. A l'état d'association dans la fibre primitive ou ses principales divisions, les fibrilles se tordent en spirales enchevêtrées les unes dans les autres. De fines granulations disséminées à la surface des fibrilles isolées après le traitement par l'alcool démontrent que ces fibrilles, plus fines et plus opaques que pendant la vie, sont, en réalité, recouvertes par une mince gaîne de protoplasma au sein duquel elles se sont développées.

On distingue aussi, à la surface des fibres nerveuses primitives, une membrane d'une extrême finesse, et cette membrane manque complètement sur les fines ramifications dépourvues de noyaux. Les fibres nerveuses des vertébrés présentent, dans les premières phases de leur évolution, la plus grande analogie de structure avec les fibres nerveuses permanentes des invertébrés, spécialement avec celles des articulés (*Crustacés, Insectes*, etc.).

II. *Fibres secondaires.* — Du dixième au quinzième jour, on commence à constater un commencement de dédoublement des fibres primitives ; il s'accuse d'abord au niveau de l'émergence des fibres, au bord externe de la masse musculaire, par un interstice linéaire suivi quelquefois d'un écartement appréciable entre les deux moitiés de la fibre primitive ; les noyaux situés à ce niveau se divisent, par une scissure longitudinale, en deux parties, dont chacune reste accolée à la moitié

correspondante de la fibre. Le dédoublement de la fibre précède le dédoublement des noyaux. Il est très remarquable que les divisions de la fibre nerveuse primitive s'opèrent suivant un plan tordu en spirale à tours très écartés, de sorte que les deux fibres secondaires sont enroulées en spirale, l'une autour de l'autre. Cette disposition est la conséquence de l'enroulement de même espèce, déjà signalé, entre les fibrilles des nerfs primitifs; lorsque ces fibrilles se dissocient pour former les cylindres-axes des fibres secondaires, elles conservent leur disposition primitive et l'imposent aux fibres de nouvelle formation.

III. *Transformation des fibres secondaires en tubes nerveux à moelle.* — Très-peu de temps après que les premiers dédoublements de fibres primitives se sont montrés dans la partie antérieure de la membrane natatoire (du douzième au quinzième jour après l'éclosion, *Hyla viridis*), on commence à apercevoir une légère différence entre les deux moitiés d'une fibre primitive dédoublée. L'une d'elles présente déjà des bords plus nettement dessinés que ceux de sa congénère. Peu à peu la réfringence se caractérise, en même temps qu'augmente l'épaisseur du contour foncé; la fibre apparaît plus brillante et plus homogène; les noyaux prennent la forme sphérique et proéminente à la surface de la fibre. La couche médullaire qui se constitue ainsi graduellement n'est pas, à proprement parler, une couche nouvelle, mais une transformation de la couche primitive de protoplasma. Comme celle-ci, elle est d'abord continue dans toute la longueur de la fibre secondaire; mais, par les progrès du développement, elle s'épaissit surtout au voisinage du noyau et reste stationnaire et paraît s'amincir au niveau de la zone de séparation de deux districts nucléaires contigus. L'épaisseur plus grande de la gaîne médullaire à la hauteur du noyau et son amincissement à mesure qu'elle s'éloigne de ce centre de nutrition donne à chacun des segments qui la constituent la forme de fuseaux, dont les extrémités contiguës représentent une apparence d'étranglement, au niveau duquel le protoplasma primitif sépare quelquefois seul le cylindre axile de la membrane d'enveloppe.

Le dépôt médullaire ne se fait pas simultanément sur toute la longueur de la fibre secondaire; il s'étend graduellement du centre à la périphérie, et il est très commun de le rencontrer arrêté sur un même segment nucléaire dont il ne couvre que la moitié, la plus rapprochée du centre; la moitié périphérique restant en dehors, au-delà du noyau, à l'état de fibre pâle. J'ai même observé plusieurs fois des interruptions accidentelles du dépôt médullaire dans la continuité d'une même fibre, ou au voisinage d'une bifurcation; la gaîne médullaire manquait sur un ou deux segments et reparaissait au delà sur le dernier ou les deux derniers segments, formant la limite actuelle du dépôt médullaire.

Il semble résulter de là que le dépôt médullaire est la conséquence d'une

action toute locale, et vraisemblablement sous la dépendance du noyau de chacun des segments.

IV. *Gaîne de Schwann.* — A mesure que la transformation de la couche externe du protoplasma primitif en gaîne médullaire progresse du centre à la périphérie, et que la gaîne médullaire s'épaissit, elle refoule vers le centre les fibrilles primitives, qui forment le cylindre axile, et en écarte graduellement la cuticule primitive, qui devient la *gaîne de Schwann.* Celle-ci n'est, en effet, pas autre chose que la cuticule primitive qui s'épaissit graduellement et entraîne avec elle, pendant le dépôt de la couche médullaire, les noyaux propres des fibres secondaires pâles, véritables noyaux de l'élément nerveux, et désignés à tort sous le nom de noyaux de la gaîne de Schwann.

V. *Formation des rameaux nerveux.* — Dans les premiers jours qui suivent l'éclosion, on ne rencontre, dans la membrane natatoire, que des fibres primitives uniques et simples, avec ou sans noyaux. Lorsque l'évolution arrive à son terme, que les membres postérieurs et antérieurs sont complètement développés, avant même que la queue ne commence à s'atrophier, des rameaux nerveux, composés de quatre à vingt fibres pâles ou à moelle, se sont substitués aux fibres primitives simples. Quelle est la filiation qui relie les unes aux autres? Lors du premier dédoublement des fibres primitives, l'une des fibres secondaires prend peu à peu les caractères d'un tube nerveux à moelle : sa congénère reste à l'état de fibre pâle. Les couples les plus avancés en développement s'augmentent d'une ou deux fibres nouvelles, provenant par dédoublement de la fibre pâle du couple, qui conserve ses caractères embryonnaires et l'aptitude à produire, par scission longitudinale, des éléments nouveaux; la fibre à moelle, arrivée à son développement parfait, ne fait plus que croître en volume et en longueur. Tout rameau nerveux en voie d'accroissement présente toujours, quel que soit le nombre des tubes nerveux à moelle qui entrent dans sa composition, une ou plusieurs fibres pâles indépendantes, qui produisent, par scission longitudinale d'abord, puis par simple transformation, les derniers tubes à moelle.

VI. *Développement du névrilème ou gaîne adventice des rameaux nerveux.* — Les rameaux nerveux de la membrane natatoire chez les batraciens sont le plus souvent dépourvus de toute gaîne commune. Cependant, sur des larves ayant dépassé la première moitié de leur évolution, il n'est pas rare de trouver (*Hyla viridis* et *Rana temporaria*) des cellules pigmentaires isolées, non encore ramifiées, accolées sur les ramusculos nerveux, et, plus tard, des segments de gaînes en tout semblables à ceux dont j'ai antérieurement observé le développement sur les capillaires artériels. Ces gaînes sont aussi, en effet, formées par des colonies de *leucocytes* ou de *mélanocytes* migrateurs.

Le névrilème a donc la même origine que la tunique adventice des vaisseaux.

Le développement des nerfs dans les queues de larves d'amphibiens, régénérées après section, présente absolument les mêmes phases que le premier développement embryonnaire.

24. — *Sur les étranglements segmentaires des tubes nerveux à moelle. Développement des nerfs chez les larves de batraciens.* (Archives de physiologie, 1875.) — *Note sur la structure de l'organe électrique de la Torpille.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1876.)

J'ai montré, dans mon travail sur le déveleppement des nerfs, que la gaîne médullaire provient d'une transformation de la gaîne de protoplasma primitive, qui s'épaissit surtout au veisinage du neyau et resto plus mince au milicu de l'espace qui sépare deux noyaux. La persistance d'une couche de pretoplasma à ce niveau n'est que le résultat d'un arrêt du développement, ou plutôt de la métamorphese médullaire. Les étranglements annulaires qu'en observe chez l'animal adulte résultent de ce que la gaîne médullaire finit par aveir une épaisseur uniferme dans toute l'étendue des segments nucléaires sauf au niveau d'une section très-étreite au milicu de l'intervalle des deux noyaux où elle reste plus mince sans être discontinue; mais cette continuité de la moelle est difficile à contrôler chez la plupart des espèces de vertébrés à cause du plissement de la gaîne et de la couche médullaire qui a lieu au niveau de l'étranglement qui simule une discontinuité de la gaîne médullaire. Dans l'organe électrique de la torpille, où ces plissements n'existent pas, les segments des tubos médullaires conservant la forme embryonnaire de fuseaux effilés à leurs extrémités, j'ai pu censtater de la manière la plus évidente la continuité de la gaîne médnllaire dans teute l'étendue du tube nerveux et au niveau même des ramifications. La censtatation est plus difficile chez les roptiles, les oiseaux et les mammifères, et copendant j'ai pu m'assurer que, dans les nerfs à meello des animaux des différontes classos, la continuité de la moelle au niveau des étranglements est si fréquente qu'en peut la censidérer cemme la règle.

On n'est donc nullement autorisé à fonder sur l'existence de ces étranglements une prétendue démonstratien de la fermatien des nerfs par des cellules soudées bout à beut, non plus que l'hypethèse sans fondement sérieux d'après laquelle les tubos nerveux ne peurraient absorber les liquides nutritifs qu'au niveau de ces étranglements.

25. — *Développement, structure, et propriétés physiologiques des capillaires sanguins et lymphatiques.* (Archives de physiologie, 1874, 64 pages in-8 avec 4 planches gravées.)

Les observations sur lesquelles est basé ce travail ont été faites d'abord sur la membrane natatoire des larves de nombreuses espèces de batraciens (*Rana esculenta, Hyla arborea, Pelodytes punctatus, Cultripes provincialis, Pelobates fuscus*) et sur des larves de *Triton punctatus* et *Triton palmatus;* et poursuivies ensuite sur des embryons de *Mammifère* et sur les *Batraciens* et *Mammifères* adultes.

I. *Développement des capillaires sanguins et lymphatiques des amphibiens.* — Les principales observations ont été faites sur des larves vivantes immobilisées par le curare, la circulation, la nutrition et le développement poursuivant leur cours régulier.

Les vaisseaux en voie de formation, lymphatiques ou sanguins, débutent tous par des bourgeons filamenteux émanés du protoplasma d'une cellule endothéliale d'un vaisseau préexistant; les premiers vaisseaux de la membrane natatoire proviennent des troncs sanguins ou lymphatiques de l'axe caudal. Les filaments angioplastiques, d'abord courts, en forme d'épine, hérissant la surface du protoplasma, s'allongent au sein de la substance intercellulaire du derme, se renflent à leur partie moyenne où se développe un noyau autogène; s'anastomosant avec un autre prolongement angioplastique venu d'un vaisseau voisin, ou d'un autre point de la paroi du même vaisseau, ils constituent une arcade pleine à sa partie moyenne, mais le plus souvent déjà canalisée aux extrémités qui sont en rapport avec la cavité du vaisseau d'origine. L'apparition de la cavité est précédée par l'accroissement de volume du filament protoplasmatique et le développement de vacuoles dans la masse. Les vacuoles s'agrandissent, communiquent les uns avec les autres et finissent par former une cavité anfractueuse qui communique avec la cavité d'origine et admet d'abord le plasma sanguin; puis, graduellement distendue et élargie pour la pression du liquide, elle admet bientôt les globules sanguins dans des cavités encore terminées en cœcum, mais la partie moyenne de l'arcade au niveau de laquelle un ou plusieurs noyaux se sont développés subit les mêmes modifications que la base des bourgeons angioplastique, se creuse souvent d'une cavité indépendante par la fusion des vacuoles, avant même que le plasma sanguin n'y pénètre, et finit enfin par se mettre en communication avec les canaux déjà formés aux deux extrémités de l'anse, qui s'avancent graduellement l'un vers l'autre. L'arcade est alors complète et élargie par la pression sanguine; elle fournit aux globules sanguins une voie collatérale de transport. Ce mode de développement se répétant successivement, les vaisseaux nouvellement formés fournissent de nouveaux bourgeons. de nouvelles

arcades; la membrane natatoire, d'abord complètement dépourvue de vaisseaux, se couvre d'un réseau de plus en plus riche de capillaires sanguins et lymphatiques, satellites des vaisseaux sanguins. *Aucun élément cellulaire, autre que les cellules endothéliales des parois vasculaires, sanguine et lymphatique, ne prend part à la multiplication de ces canaux.*

Le nouveau canal vasculaire devenu perméable, les noyaux se multiplient par divisions successives, et le protoplasma se segmentant à une certaine distance du noyau et suivant des lignes obliques, le canal, creusé d'abord dans l'intérieur d'une cellule protoplasmatique polynucléaire, se trouve revêtu de segments cellulaires distincts, mais intimement accolés, sans ciment intercellulaire et sans membrane de cellule. Le protoplasma de tous ces segments cellulaires se creuse dans toute sa masse de vacuoles, caractéristiques de l'endothelium vasculaire sanguin et lymphatique; persistant à l'état adulte, elles dotent les parois des capillaires d'une faculté d'absorption beaucoup plus active que celle des cellules à protoplasma compacte, comme le prouvent les effets de l'absorption de solutions très-faibles d'azotate d'argent.

II. *Formation de la tunique adventice (conjonctive).* — Les vaisseaux sanguins des amphibiens et des reptiles écailleux sont généralement revêtus d'une tunique adventice formée de tissu conjonctif à cellules pigmentaires ramifiées, semblable à celui que l'on observe autour des troncs vasculaires sanguins de la choroïde des vertébrés supérieurs. Il résulte de mes observations sur les larves de batraciens que cette tunique adventice a pour origine des leucocytes migrateurs métamorphosés en mélanocytes que l'on trouve disséminés au voisinage des vaisseaux. Un certain nombre d'entre eux se dirigent à l'aide de mouvements amiboïdes vers un capillaire de nouvelle formation, se fixent sur lui, émettent des prolongements qui se multiplient, se ramifient, se mettent en communication avec ceux d'autres mélanocytes de même provenance, et finissent par constituer un tube pigmentaire complet qui enveloppe le plus souvent des segments isolés du vaisseau laissant nues les parties intercalées du tube vasculaire.

26. — *Note sur la contractilité des capillaires sanguins et sur le développement de la tunique contractile des vaisseaux.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1874.)

De nouvelles recherches sur le développement des vaisseaux des larves d'amphibiens m'ont permis de mettre hors de doute la contractilité des cellules à prolongements protoplasmatiques ramifiés, que j'ai décrites dans les vaisseaux de la membrane hyaloïde de la grenouille adulte.

Des cellules en tout semblables constituent, en effet, chez les larves une tunique dite adventice sur les capillaires artériels, sur les capillaires veineux, et sur les capillaires vrais. Cette tunique n'étant que la continuité des tuniques musculaires des artères et des veines, il en résulte que tout le système vasculaire sanguin, du cœur aux capillaires inclusivement, est enveloppé dans une tunique contractile.

Les vaisseaux de la membrane natatoire doivent être distingués, non-seulement au point de vue de leurs fonctions, mais aussi au point de vue de leur structure, en artères, veines et vaisseaux du réseau capillaire.

Si l'on soumet les têtards à l'action des agents anesthésiques, de manière à produire un commencement de syncope, on voit les vaisseaux qui émergent du tronc artériel caudal, et jouent le rôle d'artères de distribution, se contracter et se rétrécir au point que la lumière du vaisseau disparaît au niveau d'étranglements annulaires multiples, et surtout au voisinage de l'émergence du vaisseau. Les excitations locales, mécaniques, chimiques ou électriques, déterminent, sur ces mêmes vaisseaux, des étranglements annulaires au point excité; mais, en outre, une excitation de même genre portant sur la surface de section d'une queue coupée sur l'animal vivant, c'est-à-dire sur les troncs nerveux et les troncs vasculaires d'où émergent les ramifications de la membrane natatoire, est suivie immédiatement du retour du cours du sang, sous l'influence seule des contractions propres des vaisseaux. principalement des artérioles et de leurs branches de bifurcation dans le rideau capillaire; celles-ci se ressorrant lentement, mais énergiquement, impriment au sang un mouvement centripète dans tous les vaisseaux, et ce mouvement peut durer cinq ou six minutes après la cessation de toute excitation.

Sur des vaisseaux ainsi contractés et vivants, on observe des bandes annulaires, réfringentes, faisant saillie sur les bords du vaisseau auquel elles donnent une apparence crénelée. Leur surface de section naturelle reproduit l'image de celle des fibres-cellules des artères, et présente çà et là des noyaux très-écartés les uns des autres. Les mêmes apparences se retrouvent, avec une diminution graduelle du diamètre des bandes et une rareté de plus en plus marquée des noyaux, sur les ramifications de plus en plus éloignées des artérioles et même sur les arcades capillaires les plus rapprochées du bord libre de la queue et sur les capillaires du réseau intermédiaire. Les bandes annulaires réfringentes et les noyaux appartiennent à des cellules à prolongements protoplasmatiques ramifiés, absolument identiques à celles que j'ai précédemment observées sur les vaisseaux de la membrane hyaloïde de la grenouille adulte. Sur les vaisseaux de la membrane natatoire apparaît également, à l'aide de l'action successive de l'eau alcoolisée et de l'iodserum, un tube membraneux anhiste, étranglé à dis-

tances régulières par les enroulements des filaments cellulaires contractiles, et écarté par l'imbibition du tube vasculaire primitif, rétracté au centre de la gaîne membraneuse. Les noyaux globuleux, proéminents à la surface du vaisseau, que caractérisent les éléments ramifiés de la couche contractile, sont d'abord, lorsqu'ils apparaissent, très éloignés les uns des autres : si le vaisseau est court, il n'en possède qu'un seul: s'il est long, deux, trois au plus; sur des vaisseaux plus anciennement formés, et représentant des ramifications des antérioles ou des veinules, les noyaux deviennent plus nombreux et plus rapprochés, et plus encore sur les troncs des artérioles et des veinules qui sont constitués par les canaux des premières arcades vasculaires qui apparaissent dans la membrane natatoire. Du dixième au quinzième jour après l'éclosion, les noyaux au centres des cellules contractiles ramifiées sont à peu près aussi rares et aussi éloignés les uns des autres sur les troncs des artérioles qu'ils le seront plus tard sur les ramifications de deuxième ou de troisième ordre. La multiplication des centres cellulaires résulte de la segmentation des cellules primitives, en groupes de ramification distincts et munis chacun d'un noyau. Au dernier terme de cette segmentation, chaque filament annulaire a son noyau propre et est devenu alors une de ces fibres-cellules fusiformes non ramifiées, le seul élément connu jusqu'à présent de la tunique musculaire des plus petites artères.

Ce n'est pas seulement chez les *Batraciens* qu'il m'a été possible de constater la contractilité des capillaires. De récentes observations sur les vaisseaux de la membrane capsulo-pupillaire d'embryons de *Mammifère* m'ont permis de constater les mêmes phénomènes de contractilité, provoqués par des excitations mécaniques, où se montrant spontanément au moment de l'apparition de la rigidité non-seulement dans les artérioles et les veinules, mais dans les plus petits capillaires du réseau de cette membrane vasculaire. J'y ai constaté également l'existence d'une tunique contractile constituée par les mêmes cellules protoplasmatiques ramifiées que l'on observe chez les batraciens. La seule différence consiste en ce que les ramifications sont plus riches et les cellules plus rapprochées chez les mammifères. Dans les capillaires de l'épiploon de jeunes mammifères et dans les capillaires de l'organe électrique des *Torpilles* adultes, j'ai observé les mêmes caractères, et je me crois en droit de conclurs que chez tous les vertébrés, une même tunique contractile modifiée seulement dans la forme de ses éléments enveloppe tout le système des canaux vasculaires sanguins y compris le cœur, jusqu'aux capillaires inclusivement, et que la contractilité modifiées aussi dans le caractère de ses manifestations suivant les régions est une propriété essentielle de toutes les parties du système vasculaire sanguin.

27. — *Sur l'existence de globules colorés chez plusieurs espèces d'animaux invertébrés*, 10 pages in-8, 1 planche. (Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, 1859.)

Ce mémoire renferme un résumé d'observations faites à Roscoff, pendant l'été de 1859, sur de nombreux invertébrés marins *Cœlentérés, Tuniciers* et *Vers*. Elles établissent non-seulement l'existence simultanée dans le sang de ces invertébrés de globules colorés et de globules incolores analogues à ceux que l'on observe dans le sang des vertébrés supérieurs et la transformation des globules incolores en globules colorés, mais aussi le fait que le liquide contenu dans la cavité du corps même, chez les cœlentérés (*Actinies, Edwardsia*) présente les caractères essentiels du sang, par suite de la présence de ces deux espèces de globules. Chez les *Siponcles* et chez les *Ascidies*, on voit le liquide sanguin de la cavité du corps, aspiré par une pompe cardiaque, qui le prend dans la cavité du corps représentant à la fois le système lymphatique et le système veineux, pour le lancer dans un système d'artères branchiales qui se continue avec un système artériel périphérique.

J'ai fait connaître aussi dans ce mémoire deux autres faits nouveaux :

1° La structure des capillaires, constituée uniquement par une couche de cellules endothéliales, structure dont, plusieurs années après, des observateurs allemands (*Hoyer, Auerbach, Aeby,* 1865) se sont attribué la découverte ;

2° La présence, comme éléments constituants des tissus solides, de cellules entièrement semblables aux cellules (globules) du sang des mêmes animaux.

28. — *Structure des globules colorés du sang chez les vertébrés inférieurs, les embryons de mammifère et les mammifères adultes*. (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1876.)

On peut séparer l'un de l'autre l'enveloppe et le contenu des globules chez tous les vertébrés et démontrer que le contenu coloré consiste uniquement en hématoglobuline, sans trace de protoplasma incolore, que ce prétendu protoplasma n'est autre chose que la globuline partiellement décolorée ; que, en effet, cette séparation peut être opérée complètement, et la globuline incolore rester comme seul contenu du globule. Sous l'influence de l'imbibition par les liquides diffusibles, l'hématoglobine se creuse de canalicules ramifiés qui aboutissent à une lacune entourant le noyau. Les globules du sang des mammifères adultes sont absolument dépourvus de noyau comme de protoplasma. On a pris pour le noyau (Bœttcher) l'hématoglobine coagulée et contractée accolée à la membrane d'enveloppe du globule. Chez *l'homme, le bœuf, le mouton, le porc, le lapin adulte*, on peut démontrer l'existence de l'enveloppe des globules

rouges, dont le contenu, rétracté et coagulé, s'échappe à travers une ruptnre de l'enveloppe, sous forme d'une petito masse réfringente, conique, colorée par le réactif (acide picrique).

29. — *Migrations et métamorphoses des globules blancs.* (Archives de physiologie, 27 pages in-8, 1 planche, 1874.)

Lorsque les globules du sang sortent des vaisseaux, sans qu'il y ait solution de continuité des parois, par diapédèse, le rôle des globules rouges est entièrement passif. La pression intravasculaire, lorsque la circulation est entravée par un obstacle, les force à passer, commo à la filière, à travers le protoplasma cellulaire et la cuticule anhiste des petits vaisseaux. Aussi ces globules sont le plus souvent déformés, étranglés après leur sortie, privés domouvement propre; arrivés au dernier terme de l'évolution cellulaire, et inaptes à vivre dans un autre milieu que le sang, peu de temps après leur sortie des vaisseaux ils cessent de so nourrir et de vivre.

Les globules blancs, au contraire, éléments jeunes et doués au plus haut point de tous les modes d'activité cellulaire, se comportent comme ces organismes inférieurs, indépendants et libres dans leur premier âge, et ne se fixant quo dans les dernières phases de leur évolution pour former des colonies sédentaires. Nés de la prolifération de cellules fixes (tissu conjonctif adénoïde, des glandes lymphatiques, de la rate, etc.), amenés dans le système vasculaire sanguin par la circulation lymphatique, ils l'abandonnent dans certaines conditions confondues sous le nom do diapédèse.

Choz les larves d'amphibieus, dans les conditions les plus normales, on trouve constamment des globules blancs isolés, engagés dans la paroi vasculaire, la traversant, ou accolés à la surface du vaisseau, et d'autres en cours de migration. Après l'absorption et le mélango au plasma du sang, des solutions de curare ou d'éther à doses très faibles, déterminant seulement l'engourdissement et l'immobilité de l'animal sans aucun trouble appréciable de la circulation, la diapédèse de globules blancs seuls se produit dans beaucoup de vaisseaux. Autour dos foyers d'inflammation, on constate également une abondante diapédèso de globules blancs seuls formant de véritables manchons, autour de sections des veinules ou d'artérioles, les plus rapprochées du point lésé et dans un état de dilatation paralytique; la colonne des globules rougos circulant du reste régulièrement, au centre du canal vasculaire. Dans ces divers cas on ne peut, je crois, méconnaître que le rôle des globules blancs est actif et qu'ils n'obéissent pas aux conditions générales de la circulation, auxquelles restent soumis les globules rouges. S'ils s'engagent dans l'épaisseur de la paroi des vaisseaux et la traver-

sent seuls, c'est en vertu de leur activité propre, qui continue à se manifester par les mouvemonts amiboïdes à l'aido desquels ils s'éloignent peu à peu du vaisseau d'où ils ont émigré.

Mêlés aux globules rouges extravasés par diapédèse passive, ou accumulés autour do caillots hémorrhagiques, les globules blancs no s'attaquent aux globules rouges que lorsque ceux-ci, sortis depuis plusieurs jours de leur milieu normal, commencent à s'altérer. Alors les globules blancs enveloppent de leurs prolongements amiboïdes les *hématies*, les englobent dans leur masse, les digèrent, et s'infiltrent de résidus pigmentaires. En même temps lours dimensions s'accroissent, et ils se métamorphosent en cellules pigmentaires; celles-ci, douées toujours de mouvements amiboïdes, émigrent vers différentes destinations : les unes pénètrent dans les voies lymphatiques et so dirigent vers le système vasculaire sanguin, où leur destinée ultérieure n'est pas encore connue; d'autres vont se fixer sur les vaisseaux, sur les nerfs, et s'y ramifient pour constituer les tuniquos adventices; d'autres, également ramifiées, forment les couches pigmentaires noires et jaunes *chromatogènes*, à la surface du derme; d'autres enfin pénètrent jusqu'au-dessous des couches épidermiques, ou même dans l'épaisseur do la coucho profonde, et deviennent les cellules étoilées du pigment sous-épidermique.

Sous l'influenco d'un excès d'irritation formatrice, conséquence de lésions traumatiques, les globules blancs hématophages métamorphosés en cellules pigmentaires s'accumulent au niveau des cicatrices, et forment des néoplasies, dont la constitution et le mode de développement offrent une très grande analogie avec celle des bourgeons charnus, des fongosités, et des végétations cicatricielles, chez les vertébrés supérieurs.

30. — *Développement des œufs et de l'ovaire chez les mammifères après la naissance.* (Comptes rendus de l'Acad. des Scienees, janvier 1879.)

Chez les mammifères qui naissent lés yeux fermés (*chien, chat, lapin*), l'ovaire au moment de la naissance est eucore constitué par des cordons cellulaires tortueux, ramifiés ot anastomosés, qui ont pour racine des extrémités coniques enchâssées dans l'épithélium muqueux do la surface do l'ovaire. Los cordons corticaux semblont entièroment constitués par des ovules prossés les uns contre les autres. Les cordons qui occupent la région médullairo, formés do petites cellules à noyaux ovoïdes, no renferment d'ovules enchâssés au milieu de leurs cellules propres quo dans la région limitrophe de la zono corticale. Ces cordons médullaires sont homologues aux conduits seminifères.

31. — *Évolution comparée des glandes génitales mâle et femelle, chez les embryons des mammifères.* (Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, mars 1879.)

Dès que le rudiment commun des glandes génitales s'est caractérisé par l'allongement des cellules péritonéales qui recouvrent la bandelette génitale et par l'épaississement de cette couche épithéliale (le *douzième jour* chez les embryons de *Lapin*), on découvre entre les cellules cylindriques de l'épithélium de gros noyaux vésiculeux, à nucléole brillant, entourés d'une mince couche de protoplasma. Ce sont les *ovules primordiaux,* en rapport intime avec l'extrémité conique, enchâssée aussi dans la couche épithéliale, de cordons cellulaires pleins et sans enveloppe. Ceux-ci, formés de petites cellules à noyaux ovoïdes, constituent la masse principale du bourrelet génital et convergent vers la paroi capsulaire des glomérules du corps de Wolff : ce sont les *cordons segmentaires* (Max Braun).

Les ovules primordiaux, d'abord en contact seulement avec les cellules terminales des cordons, s'engagent bientôt dans leur épaisseur, au niveau même de la couche épithéliale, et se montrent entourés de petites cellules à noyaux ovoïdes, qui constituent ces cordons. Descendant graduellement dans l'intérieur des cordons, les ovules ont déjà atteint la partie centrale du bourrelet génital chez les embryons de *Lapin,* de 14 millimètres. Bientôt chaque cordon renferme plusieurs ovules, disposés en série linéaire, mais isolés les uns des autres par des amas de petites cellules. La différenciation sexuelle s'accuse d'abord par la disparition des ovules de la couche épithéliale et la rétraction des cordons entraînant ces ovules, en même temps que des couches de cellules fusiformes, première ébauche de l'albuginée, caractéristique de la glande mâle, séparent définitivement, dans cette glande, les ovules et les cordons de l'épithélium péritonéal. Celui-ci devient plus mince, non-seulement par suite du raccourcissement des cellules cylindro-coniques, mais aussi par suite du départ des ovules primordiaux et des cônes terminaux des cordons cellulaires (*seizième jour*).

L'apparition de l'albuginée et le retrait des cordons segmentaires envahis par les ovules (*tubes de Pflüger*) ne se produit que beaucoup plus tard chez les femelles, dans les derniers temps de la vie intra-utérine ou même après la naissance. Chez certaines espèces (*Lapines, Chiennes, embryons Humains* du huitième au neuvième mois, *petites Filles* nouveau-nées), les cordons ovulaires, en se rétractant, semblent entraîner l'épithélium ovarique, et déterminer ces invaginations épithéliales auxquelles Waldeyer attribue un rôle qui ne leur appartient aucunement dans la formation des ovules et de l'épithélium folliculaire.

Du seizième au vingtième jour, le nombre des ovules augmente rapidement dans les cordons cellulaires des deux glandes, autant et plus même dans la glande

mâle, où ils n'ont plus de relations avec l'épithélium *prétendu germinatif*, que dans la glande femelle, où elles persistent. La multiplication est bientôt telle dans la partie corticale des cordons cellulaires, que dans les deux tiers de l'épaisseur pour la glande mâle, un tiers seulement pour la glande femelle, ils sont complètement envahis par les ovules, dont le volume s'est accru en même temps que le nombre. Ces ovules pressés les uns contre les autres, imbriqués les uns sur les autres, ne laissent plus voir aucun vestige des éléments propres des cordons. Ceux-ci apparaissent comme uniquement constitués par des ovules nus. Cependant les cellules primitives à noyau ovoïde n'ont pas complètement disparu; dissociées et masquées par la prolifération des ovules, on les retrouve sur des coupes très-minces (d'où les ovules sont en partie enlevés), isolées les unes des autres et logées dans les vides que laissent entre elles les sphères ovulaires.

Chez les embryons femelles de *Lapin*, de *Porc*, de *Ruminants*, chez les fœtus *Humains* de trois à six mois, chez les *Chattes* et les *Chiennes* nouveau-nées, des cellules à noyau ovoïde, reliées les unes aux autres par des prolongements membraneux de protoplasma, forment un réticulum dans les mailles duquel sont logés les ovules. C'est vraisemblablement par la multiplication des noyaux dans le protoplasma de ce réticulum que se constitue plus tard la couche de cellules plates des follicules primordiaux.

Dans les cordons ovulaires corticaux du testicule comme dans ceux de l'ovaire, les petites cellules des cordons, bien que masquées également par l'énorme développement des ovules, persistent en plus grand nombre même et se multiplient plus rapidement que chez la femelle; chez les lapins de quinze jours à un mois, chez les chats nouveau-nés, elles se montrent tant à la périphérie qu'au centre des cordons séparant les ovules les uns des autres. Les ovules de la glande mâle persistent et prolifèrent après la naissance, pendant l'enfance; ce sont eux qui, chez les mâles adultes, constituent, les grandes cellules rondes les spermatogonies de La Valette Saint-Georges, qui signale leur ressemblance avec de jeunes ovules. Il y a plus que ressemblance, il y a identité de constitution et d'origine entre ces ovules et ceux des jeunes femelles, provenant les uns comme les autres de la prolifération des ovules primordiaux au sein des cordons cellulaires segmentaires. Si je n'ai pu suivre d'une manière continue toutes les phases de l'évolution que chez les embryons de Lapin, j'ai pu constater un mode de développement identique chez les embryons mâles et femelles de *Ruminants*, de *Porc*, de *Chien*, sur des embryons *Humains* de trois mois, de quatre mois, de cinq mois et demi et de sept mois et demi, des *Enfants* nouveau-nés de trois mois, de dix mois, de deux ans, chez de jeunes *Lapins*, de jeunes *Chats*, de jeunes *Chiens*, et retrouver partout les chaînons qui relient aux ovules primordiaux de la période

d'indifféreuce sexuelle, non-seulement les ovules de la glande femelle, mais aussi les ovules de la glande mâle des adultes.

Ainsi la présence d'ovules, comme éléments essentiels du testicule, constatée d'abord par Balbiani chez les *Plagiostomes* et récemment, par le même observateur, chez des embryons de mouton de 9 centimètres, apparaît comme une condition constante de l'organisation de la glande mâle chez les mammifères, chez l'homme et, selon toute probabilité, chez tous les vertébrés. Quant aux cordons cellulaires qui reçoivent les ovules primordiaux dès leur première apparition au milieu des éléments de l'épithélium ovarique, ces cordons cellulaires sont identiques (ainsi que j'ai pu m'en convaincre par l'examen d'embryons de *Lézard ocellé*, à la période d'iudifférence sexuelle) aux *cordons segmentaires* décrits par Max Braun dans la glande génitale des reptiles écailleux. L'évolution comparée telle qu'elle est aujourd'hui connue rattache par l'intermédiaire des *Reptiles*, des *Amphibiens* et des *Plagiostomes*, ces *cordons segmentaires* des *embryons de Mammifères* aux *organes segmentaires* des *Vers*, conduits vecteurs des éléments essentiels de la génération, ovules et spermatoblastes.

32. — *Recherches sur l'action physiologique et sur l'absorption des sels d'argent.* (Archives de Physiol. normale et pathol. Juillet 1873.)

Mes premières observations sur l'absorption des sels d'argent ont été faites sur des larves d'*Amphibiens* de différents genres; répétées ensuite sur des animaux adultes du même groupe, elles m'ont fourni des résultats semblables aux premiers, mais plus intéressants et plus complets. Les phénomènes que j'ai constatés alors se rapprochent beaucoup, dans lour ensemble, de ceux que présentent les grenouilles immobilisées par une faible dose do curare. Les mouvements volontaires sont suspendus, la respiration s'arrête, les mouvements réflexes, après avoir persisté quelque temps, disparaissent également; la circulation seule continue à s'accomplir avec régularité, et se maintient, non pas, il ost vrai, pendant des jours, mais pendant une durée qui vario de une demi-heure à deux heures.

Ces effets do l'intoxication argyrique chez los batraciens semblent n'avoir aucun rapport avec ceux qui ont été observés chez les chiens dans les veines desquels on a injecté des sels d'argent.

Cependant, *les éléments premiers des tissus, dont l'activité est la source essentielle de tous les phénomènes de la vie, sont constitués sur le même type et doués des mêmes propriétés fondamentales dans les organismes les plus simples et dans les organismes les plus compliqués :* ils ne sauraient être affectés diversement par les mêmes agents, et les différences apparentes ne peuvent

provenir que des modifications spéciales des fonctions et des appareils qui varient d'une classe et même d'un genre à l'autre.

Des expériences instituées sur des animaux de classes différentes, et vivant dans des milieux divors, doivont nécessairement faire rossortir, au-dessus des variations secondaires, les phénomènes essentiels de l'action des solutions d'argent sur les tissus vivants.

J'ai entrepris dans ce but de nouvelles recherches sur des animaux appartenant à toutes les classes de vertébrés, à plusieurs ordres do *Mammifères,* et je n'ai même pas cru inutile de descendre jusqu'à certains invertébrés, *Insectes* et *Crustacés.* Les expériences sur les *Amphibiens,* à l'état de larve ou à l'état adulte, ont été très nombreuses; les autres ont toujours été répétées sur plusieurs animaux de la même espèce.

Dans mes premières observations sur les amphibiens, jo n'avais employé que des solutions d'azotate d'argent au 400e ou au 100e; j'ai fait usage ultérieurement d'hyposulfite d'argent, préparé par la dissolution du chlorure d'argont dans l'hyposulfite de soude, ou de l'azotate d'argent en dissolution dans l'hyposulfite de soude.

Dans toutes ces expériences, l'agent toxique a été introduit dans l'organisme par absorption.

Chez tous les animaux, *vertébrés* et *invertébrés* des différentes classes, les premiers phénomènes qui accusent l'effet do l'intoxication argyrique sont, sans exception aucune, des troubles dans les fonctions des systèmes nerveux et musculaires de la vio animale, depuis le degré le plus faible : faiblesse dos membres, torpeur, somnolence, jusqu'aux plus graves : perte complète des mouvements volontaires, par convulsions, contractures ou paralysies.

En second lieu apparaissent plus ou moins promptoment, après les premiers, les troubles de la rospiration. Un des résultats les moins contestables de mos expériences, c'est que ces troubles de la respiration, qui ne manquent dans aucun cas, ne sont accompagnés de lésions pulmonaires et de cette hypersécrétion bronchique, pour l'explication de laquello on invoque une altération chimique du sang, que chez deux espèces de l'ordre des carnassiers, le *Chien* et le *Chat;* chez tous les autres animaux, les troubles de l'apparoil mécanique de la respiration, c'est-à-diro des systèmes nerveux et musculaire, existent seuls, et los poumons sont trouvés, après la mort, ou tout à fait sains, ou seulement diminués de volume et contractés, état qui accuse dans les muscles et les nerfs propres au parenchyme pulmonaire des troubles analogues à ceux qui se manifestent en même temps dans l'appareil de la respiration (convulsions, spasmes et contractures permanentes). Les phénomènes particuliers d'hypersécrétion, d'œdème et

de congestion pulmonaire, qu'on n'a observés, jusqu'à présent, que chez les chiens et les chats, peuvent assurément être considérés également comme une conséquence de l'action de la substance toxique sur le système nerveux. Il est impossible, quand on a sous les yeux le spectacle de ces accès de suffocation convulsive, suivis de l'expulsion de flots d'écume bronchique, de ne pas être frappé de l'analogie qu'ils présentent avec les accès d'asthme, surtout ceux de l'*asystolie*, qui se terminent par l'asphyxie et la mort. Les lésions pulmonaires, l'œdème et la congestion, que présentent les poumons des chiens qui succombent à l'intoxication argyrique, se retrouvent également parmi les lésions anatomiques qu'on constate après la mort chez les asthmatiques, et chez ceux surtout qui ont succombé à une attaque d'asystolie.

En outre, chez tous les vertébrés à respiration pulmonaire, empoisonnés par les solutions argyriques, chez lesquels n'existaient ni l'hypersécrétion bronchique, ni les lésions pulmonaires, les poumons, observés immédiatement après la mort, sont rétractés et beaucoup moins volumineux qu'ils ne le sont habituellement après l'ouverture de la poitrine. Cet état résulte incontestablement d'une contracture des muscles bronchiques. Chez les grenouilles, où les sacs pulmonaires possèdent dans l'épaisseur de leurs parois un réseau musculaire très riche, les poumons qui restent habituellement gonflés par l'air, même après l'ouverture de l'abdomen, ont toujours été trouvés complètement vides d'air; chez les grenouilles empoisonnées par l'hyposulfite d'argent, ou par de fortes doses d'azotate d'argent, pendant la vie même de l'animal, lorsque le cœur battait encore, et que muscles et nerfs conservaient aussi leur excitabilité.

L'action des sels d'argent sur le système des nerfs vaso-moteurs me paraît être la cause déterminante des accidents pulmonaires spéciaux observés jusqu'ici chez les chiens et les chats seulement, et dans certaines conditions de dose de l'agent toxique et d'état physiologique de l'animal; les chats nouveau-nés, dont la résistance à l'asphyxie est depuis longtemps connue, se comportant autrement que les chats adultes et se rapprochant beaucoup des conditions des animaux à sang froid. Chez l'un d'eux, en effet, le cœur a continué à battre pendant une heure après l'arrêt définitif de la respiration et l'ouverture de la poitrine.

Il résulte également de toutes mes expériences que le système nerveux vaso-moteur est le dernier qui résiste à l'action toxique des sels d'argent, comme le démontre la persistance des battements de cœur et de la circulation, après la suppression de toute activité du système nerveux et encéphalo-rachidien, et même après l'extinction de la contractilité dans les muscles de la vie animale.

Les premiers troubles qui apparaissent et ne manquent jamais sont ceux des mouvements volontaires sous les formes variées que nous avons indiquées : —

faiblesse musculaire, paralysie, convulsions, contracture. Dans toutes ces formes, les nerfs conservent leur excitabilité, les muscles restent contractiles sous l'influence des nerfs et de l'électricité, les mouvements réflexes ne disparaissent eux-mêmes qu'après l'arrêt définitif de la respiration : la sensibilité se manifestant par des mouvements réflexes, l'excito-motricité, la neurilité et la contractilité étant conservées, les désordres qui se manifestent dans les mouvements volontaires se trouvent par exclusion rapportés aux centres nerveux eux-mêmes qui président à ces mouvements. Les troubles de la respiration s'expliqueront tout aussi naturellement par une action toxique et directe sur le centre respiratoire du bulbe, qui tient sous sa dépendance non-seulement les nerfs rachidiens des muscles respirateurs externes, mais aussi les nerfs des muscles bronchiques, par les pneumogastriques.

A un degré plus avancé de l'intoxication, les centres d'origine des nerfs vaso-moteurs du poumon confondus en partie seulement avec les pneumogastriques, peuvent, sous l'influence d'une irritation paralysante de l'agent toxique, déterminer la manifestation dans le poumon de phénomènes d'hypersécrétion et de congestion, semblables à ceux qui se montrent dans le foie et les reins à la suite de la piqûre du plancher du quatrième ventricule.

Chez les vertébrés supérieurs, *Oiseaux* et *Mammifères,* lorsque la dose de poison est suffisante pour déterminer la mort dans un intervalle de temps très court, on n'observe guère qu'au moment de l'arrêt de la respiration des mouvements convulsifs qui ont leur cause déterminante dans l'asphyxie même, c'est-à-dire dans l'action du sang chargé d'acide carbonique sur les centres moteurs encéphalo-rachidiens et sur les muscles eux-mêmes. Mais il en est autrement chez les vertébrés inférieurs, où une dose relativement élevée agit beaucoup plus lentement que chez les mammifères ; et chez les mammifères eux-mêmes, quand la dose est faible, on observe un accroissement d'excitabilité des centres réflexes, quand les mouvements volontaires existent encore et surtout quand ils sont supprimés. — Chez *les Articulés, les Poissons, les Batraciens* et *les Sauriens,* un des premiers signes de l'invasion des accidents d'intoxication est le désordre des mouvements volontaires, caractérisé par des convulsions quelquefois très violentes qui se substituent au mouvement voulu par l'animal; ainsi une grenouille allongeant la patte pour nager, le membre reste tendu, tétanisé, et il se passe un certain temps avant qu'elle puisse le fléchir pour recommencer le mouvement; une anguille veut nager dans le vase où elle est placée : les mouvements sont si violents, qu'elle saute hors du vase, etc... Ces mouvements convulsifs persistent et augmentent même d'intensité quand les mouvements volontaires sont suspendus et même après l'arrêt de la respiration;

il faut alors une excitation extérieure pour provoquer ces convulsions réflexes; mais il suffit d'un ébranlement et d'un simple contact. Lorsque l'arrêt de la respiration a déjà eu lieu, l'excitation mécanique provoque, en même temps que des mouvements des membres et du tronc, le retour de mouvements respiratoires, qui durent au début un peu plus que les convulsions. Celles-ci offrent la plus grande analogie avec le tétanos produit par la strychnine, soit qu'on ait fait usage de l'azotate d'argent, soit qu'on ait employé l'hyposulfite d'argent.

Chez tous les animaux soumis à l'intoxication argyrique : vertébrés et invertébrés, mammifères, reptiles ou poissons, *le cœur est le dernier organe qui manifeste encore son activité,* quand le poison a déjà détruit toutes les autres fonctions.

Conclusion. — Quelle que soit la variété apparente des accidents que déterminent, chez les animaux d'espèces diverses, les solutions de sels d'argent introduites par *absorption* dans l'organisme, ces accidents sont toujours la conséquence directe de l'*intoxication des éléments des centres nerveux encéphalo-rachidiens,* compliquée dans quelques cas de l'*intoxication des éléments musculaires de la vie animale.*

Le sang qui porte aux tissus la substance toxique, qu'il a reçue par la voie de l'absorption, ne paraît altéré ni dans sa constitution élémentaire, ni dans ses propriétés normalos.

33. — *Action du curare sur les mouvements volontaires et action générale des substances toxiques.*

Le procédé si usité d'immobilisation des animaux par le curare démontre de la manière la plus incontestable, surtout quand on expérimente sur les *Amphibiens,* que les centres encéphaliques des mouvements volontaires sont atteints par le poison bien avant que les nerfs moteurs ou plutôt leur extrémité terminale en aient ressenti l'influence. Les têtards immergés dans une solution de curare, les grenouilles adultes qui ont reçu sous la peau une faible dose de solution de curare (1 millième à 1/2 millième de centigramme), exécutent d'abord des mouvements violents pour s'enfuir; puis, peu à peu, tombent dans l'engourdissement et l'immobilité complètes. Quelquefois la respiration persiste encore quelques instants après la perte des mouvements volontaires; mais, même après la suppression complète de la respiration et des mouvements volontaires, on peut provoquer par l'excitation des nerfs sensitifs cutanés des mouvements réflexes généraux très énergiques, accompagnés souvent de mouvements expiratoires également réflexes. Quand la dose du poison a été faible et que l'animal survit, les mouvements réflexes, qui ont fini par disparaître après un temps qui varie

(de dix minutes à deux heures après la perte des mouvements volontaires), reviennent ainsi que les mouvements respiratoires. Le *curare agit donc d'abord sur les centres volontaires*, puis *sur le centre respiratoire*, *sur les centres réflexes;* ce n'est que postérieurement à ces effets qu'il supprime non pas l'activité des nerfs moteurs, comme le démontre péremptoirement l'expérience de Kölliker, mais la communication de l'excitation des nerfs moteurs aux muscles. A cette période la contractilité musculaire est affaiblie, et persiste moins longtemps dans les membres séparés de l'animal, que lorsqu'il n'a pas été curarisé. *Les centres vaso-moteurs sont les derniers atteints;* si la dose de poison a été faible, la circulation peut même continuer sans autre modification qu'une dilatation générale des vaisseaux périphériques, accompagnée de diapédèse des globules blancs.

La plupart des poisons, à l'exception peut-être des poisons du cœur, agissent tout d'abord sur les centres encéphaliques et surtout sur les centres volontaires et intellectuels, ce qu'ils ont de commun avec des substances qui ne sont pas à proprement parler toxiques, l'éther, l'alcool, les liqueurs à la dose d'excitants diffusibles, le vin, le café, le thé, etc. Ce n'est pas dans une propriété spéciale de ces corps, dont l'origine tantôt végétale, tantôt minérale, et la composition chimique, peuvent être très-différentes, qu'il faut chercher la cause de cette action commune. Elle me semble bien plutôt résider dans l'extrême sensibilité des centres encéphaliques aux moindres troubles de nutrition de leurs éléments. Ne suffit-il pas d'une très légère diminution dans la quantité de sang qui arrive au cerveau pour produire la syncope, la perte des mouvements volontaires et de la sensibilité consciente, précédée ou accompagnée de mouvements convulsifs? et ne met-on pas fin à ces accidents en facilitant la circulation cérébrale par l'annulation de l'action contraire de la pesanteur?

Indépendamment de cette extrême sensibilité aux troubles de la nutrition, qui caractérise les éléments des centres gris de l'encéphale, la rapidité avec laquelle ils sont atteints par les substances toxiques dissoutes dans le plasma sanguin pourrait peut-être s'expliquer par la nature de la substance conjonctive qui les enveloppe : la névroglie des centres gris se rapproche beaucoup du tissu conjonctif embryonnaire (*tissu muqueux*) et plus encore peut-être du tissu de cellules à protoplasma vacuolaire qui, ainsi que je l'ai trouvé (*organe électrique de la torpille, membrane natatoire des larves de batracien, enveloppe des corpuscules de Pacini des mammifères*), est fréquemment en intime rapport avec les éléments nerveux. Ces deux formes de tissu conjonctif sont douées d'une activité d'absorption très énergique, et deviennent des réservoirs de substance toxique qui baigne les cellules nerveuses des centres gris encéphaliques. Les cellules ganglionnaires du grand sympathique sont, au contraire, enveloppées par un tissu

conjonctif dense et résistant qui les protège, comme les cuticules cutanées de certaines larves qui peuvent être impunément plongées dans des liquides toxiques sans les absorber; n'y aurait-il pas là également l'explication de la résistance plus prolongée du système nerveux sympathique et des centres vaso-moteurs qui lui appartiennent en propre, à l'action des agents toxiques? Ces idées, que je professe depuis longtemps dans mes cours, ont inspiré les recherches entreprises par deux de mes élèves, MM. Guillaud (1) et Henneguy (2), et leurs résultats semblent favorables à l'hypothèse exposée ci-dessus.

34. — *Observations relatives à l'action de la nicotine sur le cœur.* (Communiquées à la Société de Biologie, 1857.)

On a considéré la nicotine comme ayant au plus haut degré la propriété d'abolir rapidement l'irritabilité musculaire. L'action de ce poison sur le cœur présente une singularité remarquable en opposition avec l'opinion précédente.

Chez les grenouilles tuées par instillation d'une goutte de solution de nicotine dans l'œil ou sous la peau, les battements du cœur persistent encore longtemps après que toute trace d'excitabilité a disparu dans les muscles locomoteurs. Lorsque ces battements sont devenus plus faibles et plus rares, l'action directe de la nicotine sur le cœur les ranime instantanément; l'énergie des contractions musculaires est d'abord manifestement augmentée, puis ces contractions deviennent permanentes et les battements s'arrêtent, le ventricule restant dans un état de convulsion tonique qui efface complètement sa cavité.

Chez des oiseaux ou des mammifères tués par l'inhalation du chloroforme, les ventricules sont immobiles dans l'état de diastole; l'oreillette droite seule est encore le siège de quelques faibles trémulations.

Si alors on excite les ventricules par des piqûres ou un courant galvanique, la substance musculaire reste inerte ou ne montre que quelques contractions faibles et tout à fait locales. Dans ces conditions, le contact d'une goutte de solution de nicotine concentrée détermine des contractions générales spontanées, une réaction énergique aux excitations par des piqûres ou par le courant électrique, et enfin un état de contraction permanente.

(1) Guillaud, *Recherches sur les propriétés physiologiques de l'aconit et de l'aconitine.* Montpellier, 1874.
(2) F. Henneguy, *Étude physiologique sur l'action des poisons.* Montpellier, 1876.

II

PHYSIOLOGIE COMPARÉE DES FONCTIONS

I. GÉNÉRATION.

35. — *Recherches sur l'appareil musculaire ovario-tubulaire dans les quatre classes de vertébrés, et sur les organes érectiles de l'appareil de la génération chez la femme, au point de vue de la physiologie de l'ovulation et de la menstruation.* (Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, t. I, 1858. 34 pages, in-8, 4 planches.)

Dans ce travail je démontre l'existence, méconnue jusqu'alors, de formations érectiles (artères hélicines, et corps spongieux veineux) occupant : 1° tout le corps de l'*utérus*, 2° le hile et une partie de la région médullaire chez la femme pubère, et de formations analogues au niveau de l'ovaire chez la *Chienne*, et dans les cotylédons de l'utérus des *Ruminants*. J'établis en outre que, chez la femme à la période menstruelle, la distension de ces formations érectiles par une injection artificielle détermine une véritable érection du corps de l'utérus et de l'ovaire : le corps de l'utérus augmente de volume, durcit, change de forme, se redresse sur le col, et s'élève dans la cavité du bassin, en même temps que sa cavité devient béante, tous les phénomènes en un mot, qui caractérisent l'érection des organes de la copulation chez l'homme, peuvent être reproduits artificiellement dans l'utérus et à la base de l'ovaire, surtout à l'époque de la menstration, chez la femme.

On ne connaissait également, à l'époque où je publiai ce travail, de stroma musculaire dans l'ovaire que chez les *Poissons osseux* (Leydig et Stamius). Je démontre qu'il existe également non-seulement un *Mésométrium* musculaire, mais aussi un *Mésoarium* musculaire se continuant dans toute l'épaisseur de l'ovaire, et entourant de ses faisceaux les follicules ovariques, chez les *Plagiostomes*, les *Reptiles écailleux* et les *Oiseaux*.

Les connexions du Mésoarium et du Mésométrium deviennent de plus en plus intimes, et ils constituent un appareil musculaire occupant toute l'étendue des ligaments larges, l'aileron de la trompe, celui de l'ovaire, et fixé à la région lombaire par le *ligament* rond supérieur, à la région pubienne par le *ligament* rond inférieur, qui ne sont tous deux que des faisceaux musculaires dépendant

de cet appareil : c'est par lui que s'effectue l'adaptation du pavillon de la trompe à l'ovaire, acte essentiel de l'ovulation dont, antérieurement à mes recherches, le mécanisme était aussi ignoré qu'à l'époque où J. Müller écrivait : « *On ne connaît en aucune façon les forces qui concourent à faire admettre les œufs, fécondés ou non, dans les trompes de Fallope.* »

Il est très-important de bien saisir l'ensemble de la disposition des appareils érectiles musculaires de l'ovaire et de l'oviducte chez les *Oiseaux* et les *Reptiles écailleux*. C'est là que l'ovaire indépendant de l'oviducte et l'oviducte développé d'un seul côté ou isolé de son congénère jusqu'à sa terminaison nous montrent, sous la forme la plus simple et la plus élémentaire, le type de l'appareil ovario-tubaire propre aux vertébrés. Chez les *Mammifères*, le type se complique par les connexions directes de l'ovaire avec l'oviducte, et par la fusion des deux oviductes, au moins à l'extérieur, dans une partie plus ou moins considérable de leur étendue.

Nous trouvons là une nouvelle confirmation de cette grande loi, que, *dans toutes les espèces appartenant à une même série naturelle, que l'on envisage l'ensemble de l'organisme ou les différents appareils qui le constituent, on retrouve constamment le même type, modifié seulement par le développement en plus ou en moins, par la disparition ou la fusion de certaines parties*. Aussi, à travers tant de variétés de forme, tant de complications en apparence inextricables, de l'appareil musculaire tubo-ovarien, nous retrouvons toujours, comme élément fondamental, les deux systèmes de faisceaux tendus de la paroi postérieure à la paroi antérieure du tronc et de haut en bas, qui constituent la membrane musculaire si simple de l'oviducte des oiseaux. Pour se diriger à travers le dédale de complications plus apparentes que réelles, il suffit de remarquer : 1° que l'appareil musculaire de l'ovaire primitivement isolé se confond avec l'oviducte ; 2° que les oviductes eux-mêmes, d'abord séparés l'un de l'autre par le tube digestif et le réservoir urinaire, se rapprochent graduellement de la ligne médiane, s'y accolent, et finissent par se confondre l'un avec l'autre à leur partie inférieure, et que la trompe qui, par suite d'un accroissement de longueur constant, dépasse le niveau de l'ovaire, décrit une circonvolution terminale qui ramène le pavillon au voisinage de la glande. Ces changements modifient la position des différentes parties de l'appareil musculaire qui n'en conservent pas moins leurs connexions et leurs actions primitives.

Dans la plupart des espèces de mammifères (*Ruminants, Rongeurs, Carnassiers, Insectivores*), la dernière portion de la trompe décrit une grande circonvolution qui ramène le pavillon vers l'extrémité externe de l'ovaire, la membrane musculaire ovario-tubaire (*mésoarium*) aileron de la trompe) s'accommode à cette

inflexion du conduit, se replie sur elle-même et retombe comme un rideau, dont le bord libre, parallèle à la surface de l'ovaire, embrasse une des extrémités du pavillon, fixé plus ou moins immédiatement à l'ovaire par son autre extrémité. La membrane ou ligament de l'ovaire (*mésoarium*), confondue par l'un de ses bords avec l'aileron de la trompe (*mésométrium*), semble se replier en sens inverse; les bords libres des deux membranes enfermant, l'un l'ovaire, l'autre le pavillon, regardent l'un vers l'autre, et circonscrivent l'orifice d'une large cavité ou *poche péritonéale de l'ovaire*. Il suffit de voir cette disposition pour comprendre comment les faisceaux musculaires des deux membranes, condensés surtout au niveau du bord libre, ferment, en se contractant, cet orifice, à la manière d'une boutonnière; comment de l'affrontement des bords de cette boutonnière résulte nécessairement l'application du pavillon à la surface de l'ovaire; comment enfin le pavillon est non-seulement amené au contact de l'extrémité de l'ovaire qui l'avoisine, mais peut, au besoin, être tiré, promené sur toute la surface de la glande, par la contraction des faisceaux du mésométrium, véritable *gubernaculum tubæ*, auxquels vient en aide la contraction simultanée des faisceaux émanés du ligament de l'ovaire (*gubernaculum testis muliebris*).....

L'inclusion de l'ovaire dans une capsule péritonéale plus ou moins complètement close n'est, du reste, rien autre chose que le résultat d'un *accident d'évolution devenu* en quelque sorte *normal* chez certaines espèces. Ainsi chez la *Chienne*, dans les premiers temps qui suivent sa naissance, on ne trouve pas de capsule péritonéale de l'ovaire. A la vérité, l'aileron de la trompe retombe en manière de voile au-dessus de la glande; mais, en soulevant et renversant cette membrane et le pavillon qu'elle supporte, on découvre complètement l'ovaire parfaitement libre, et que rien n'isole de la grande cavité du péritoine. Ce n'est que plus tard que des adhérences s'établissent entre le bord de la membrane tubaire, le bord contigu du mésoarium et la surface même de la glande. Celle-ci se trouve séquestrée, enveloppée dans les replis des membranes musculaires, et la poche vaginale est constituée sans que rien n'ait été changé ni dans la texture ni dans les connexions des parties, et sans que, par conséquent, il se produise aucune modification essentielle dans le mécanisme de leur fonctionnement.....

C'est ainsi que l'acte fondamental de l'ovulation, la migration de l'œuf de l'ovaire dans l'oviducte, s'accomplit, partout où les deux organes ne sont pas en continuité permanente, par le jeu de l'appareil ovario-tubaire. Mais ce rôle si important et si général n'est pas le seul que cet appareil remplisse dans l'espèce humaine. Un accident d'organisation devenu normal, le développement érectile de certaines formations vasculaires enfermées dans la membrane musculaire métro-ovarienne, entraîne des conséquences telles, qu'un épiphé-

nomène de l'ovulation s'élève au rang d'une fonction nouvelle : la menstruation...

A l'érection du corps spongieux de l'utérus se rattache directement l'hémorrhagie menstruelle. C'est la muqueuse utérine qui fournit l'écoulement sanguin, et c'est un fait bien connu que chez les femmes mortes pendant la période menstruelle le corps de l'utérus est turgide, gorgé de sang, plus volumineux. C'est à cette époque aussi, comme je l'ai observé, que la distension artificielle des vaisseaux détermine de la manière la plus évidente les changements de forme, de volume, de position, caractéristiques de l'érection. — Enfin, l'érection elle-même est le résultat d'un spasme musculaire qui fait obstacle à la sortie du sang par les sinus efférents. Or, nous allons voir qu'à l'époque de la *menstruation* l'appareil musculaire, dans la dépendance duquel se trouvent les corps caverneux de l'utérus et de l'ovaire, est dans un état de contraction spasmodique, et nous pourrons, guidés par la coïncidence bien établie de l'ovulation et de la menstruation, *relier l'un à l'autre et déduire d'une même cause première l'ovulation, l'érection de l'utérus et la menstruation...*

La théorie de l'acte de l'ovulation est exactement la même que celle de l'acte de la parturition, du vomissement, de la miction, etc., et s'applique, en général, au jeu normal de tous les appareils musculaires de la vie organique. Dans le cas de la parturition, lorsque l'œuf a atteint le dernier terme de son développement, il agit sur les parois de l'utérus comme un véritable corps étranger, et l'excitation de la muqueuse ou de l'enveloppe musculaire elle-même, transmise aux centres ganglionnaires du grand sympathique et de la moelle, est *réfléchie* vers l'appareil musculaire de l'utérus et les muscles des parois de l'abdomen qui concourent dans un acte synergique à l'expulsion du part; de même, quand la vésicule de Graaf est arrivée à un certain degré de développement, la distension des faisceaux propres du *stroma* est le point de départ d'une *excitation réflexe* qui se propage à tout l'appareil musculaire des organes génitaux internes, au mésoarium et au mésométrium. Les faisceaux ovario-tubaires se contractent, attirent et appliquent fortement le pavillon sur la vésicule qui proémine, les veines comprimées dans les mailles du réseau musculaire forcent le sang à refluer et à distendre les corps spongieux; les vaisseaux de la muqueuse utérine cèdent, l'écoulement menstruel s'établit, et tous ces phénomènes persistent tant que le stimulus continue à agir, tant que la paroi de la vésicule résiste au double effort de son contenu qui s'accroît et des faisceaux enveloppants qui réagissent contre la distension; lorsque, enfin, l'expulsion de l'ovule amène la détente de tout l'appareil musculaire, le cours du sang redevient libre dans les sinus, la distension des corps érectiles diminue peu à peu et l'hémorrhagie de la muqueuse utérine s'ar-

rète. La ponte s'achève par la migration de l'œuf à travers le canal de la trompe jusque dans l'utérus, et de là au dehors, si la fécondation n'a donné le signal à une autre série de phénomènes.

On conçoit que l'appareil musculaire et érectile des organes génitaux internes puisse être mis en jeu, en dehors de la période menstruelle, par une excitation autre que celle qui a son point de départ dans l'ovaire.

L'excitation sexuelle, souvent sans doute, chez la femme, est bornée aux formations érectiles des bulbes et du clitoris ; mais elle doit, lorsqu'elle est complète, lorsque l'éréthisme vénérien arrive à son summum d'intensité, franchir ces limites et envahir les organes essentiels de la fonction génitale dans lesquels se développe la sensation voluptueuse *spéciale* qui annonce l'accomplissement de l'acte sexuel. Kobelt, qui place dans les papilles du gland le siège de toutes les sensations voluptueuses génitales, a eu le tort de confondre avec les sensations plus ou moins répétées et prolongées qui ont leur origine dans la muqueuse cette sensation unique, instantanée, qui, chez l'homme, accompagne l'éjaculation, et chez la femme se manifeste aussi comme signal de l'orgasme vénérien.

Plus profonde, plus générale, elle domine, étreint complètement l'organisme et présente une analogie frappante dans ses caractères, sinon dans son essence, avec les sensations douloureuses développées dans les organes animés par le grand sympathique.

Il semble, autant que permet d'en juger l'observation, fort délicate en pareille matière, que c'est à la région périnéale, aux organes pelviens mêmes, qu'est rapportée la secousse du paroxysme voluptueux. Chez l'homme, son centre d'irradiation est aux vésicules séminales et au verumontanum, et sans doute, chez la femme, à l'utérus, et elle annonce la participation de ces organes à l'acte que la copulation a seulement préparé.

S'il en est ainsi, si l'orgasme vénérien a chez la femme pour siège les organes génitaux internes, on comprend le rôle que doivent jouer toutes ces riches formations érectiles qui chez elle aussi surpassent tellement, par leur développement, celles des organes de la copulation.

L'antagonisme évident du développement des organes génitaux internes et externes dans les deux sexes, antagonisme qui, chez les femmes, est tout au profit des premiers, joint à l'identité de structure des corps caverneux des deux ordres d'organes, fournit encore une probabilité de plus à l'appui de l'idée que sous les mêmes influences des phénomènes semblables s'y développent.

L'érection des formations vasculaires de l'utérus et de l'ovaire, par suite de l'excitation sexuelle, expliquerait comment l'érection durant trop peu dans ce

cas pour épuiser la résistance des capillaires et causer une hémorrhagie, est capable, si elle se répète, d'accélérer le retour de la menstruation et d'augmenter la durée et la quantité de l'écoulement, comme Haller, Burdach et Parent-Duchâtelet l'ont observé chez les femmes lascives et les filles publiques, chez lesquelles l'écoulement menstruel, quelquefois immodéré, peut se reproduire tous les quinze jours.

Les faits observés par M. Coste, relativement au retour plus fréquent du rut chez les animaux par suite de la cohabitation des mâles et des femelles, et la possibilité de la fécondation dans l'espèce humaine en dehors des époques normales de l'ovulation, trouveraient aussi leur explication dans l'érection du bulbe de l'ovaire sous l'influence de l'excitation sexuelle, érection accompagnée d'une congestion mécanique du parenchyme, qui aurait peur effet de déterminer la maturation avant le terme normal.

Conclusions. — Dans toutes les classes de vertébrés, et en particulier chez tous les mammifères, un appareil musculaire spécial embrasse l'oviducte de l'ovaire et détermine leur adaptation.

Chez la femme, le système vasculaire utéro-ovarien, enlacé de tous côtés par les faisceaux de cet appareil musculaire, venant à acquérir un développement énorme, constitue de véritables corps spongieux, des organes identiques, par la nature et l'arrangement réciproque des éléments qui entrent dans leur constitution et par les phénomènes dont ils sont le siège, avec les organes érectiles de l'appareil de copulation.

Les artères, après de nombreuses flexuosités, s'y divisent en bouquets successifs dont les branches plus ou moins nombreuses, contournées en vrilles, ressemblent exactement aux artères hélicines des organes érectiles de l'homme.

Les veines, enveloppant dans leurs divisions multiples les troncs artériels, forment autour de l'utérus de larges sinus embrassés par les mailles des faisceaux entre-croisés de la membrane musculaire utéro-ovarienne. Dans la profondeur du corps de l'utérus, elles constituent un lacis extrêmement riche de capillaires dilatés qui envahissent lo tissu musculaire propre de l'organe.

Le même développement vasculaire s'observe dans la portion de la membrane musculaire ovario-tubaire qui supporte l'ovaire, et qui se trouve ainsi transformée en un bulbe érectile.

Qu'une vésicule de Graaf accomplissant son évolution mensuelle devienne, par suite de sa distension, le point de départ de contractions réflexes dans les muscles des ligaments larges, il en résultera l'adaptation du pavillon de la trompe sur l'ovaire et une constriction des mailles musculaires qui embrassent les gros troncs veineux issus de l'utérus et de l'ovaire.

Les artères, protégées contre un tel rétrécissement par leur résistance normale et par leur situation au sein des masses veineuses, permettent au sang d'arriver. Il s'accumulera donc dans ces organes formés de cavités vasculaires enlacées par des faisceaux contractiles, et il se produira ainsi de véritables phénomènes d'érection que des injections poussées dans les vaisseaux reproduisent sur le cadavre, comme cela a lieu pour l'érection des organes de la copulation.

Mais les capillaires superficiels de la muqueuse utérine ne pourront résister à cette distension prolongée et donneront lieu par leur rupture à l'écoulement sanguin qui caractérise *la menstruation, épiphénomène de l'ovulation, résultant du développement de formations érectiles dans le mésométrium musculaire, et qui s'élève au rang d'une fonction nouvelle.*

D'un autre côté, la dilatation des vaisseaux ovariens hâte la distension extrême et la rupture de la vésicule de Graaf; l'œuf s'échappe; toute cause d'irritation cesse, et avec elle le spasme réflexe de l'appareil musculaire utéro-ovarien. Les vaisseaux se vident, tout rentre dans le repos, sauf le cas où l'excitation sexuelle voluptueuse, déterminant l'érection de l'utérus et de l'ovaire, réveille l'activité de ce dernier organe, détermine le retour de la menstruation, et quelquefois avec elle une ovulation prématurée.

41. — *Note sur les organes érectiles utéro-ovariens d'une femelle de Magot* (*Pithecus inuus*). — (En collaboration avec M. A. Sabatier) (Annales des Sciences nat. zool., t. V, pl. VIII).

« Je n'ai trouvé de véritable formation érectile que chez la femme, et c'est « chez elle aussi seulement qu'on observe une *hémorrhagie* menstruelle. Quant « aux femelles de quadrumanes, peut-être trouverait-on chez elles quelque rudi- « ment de la disposition anatomique propre à la femme. » — (*Recherches sur les organes érectiles*, Journal de la Physiologie. — Ch. Rouget, 1858.)

Après l'homme, la famille des quadrumanes est la seule chez laquelle on ait observé un véritable écoulement sanguin aux époques du rut. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire et d'autres observateurs ont constaté que les femelles des Guenons, des Macaques, des Magots et des Cynocéphales sont sujettes à un écoulement périodique reparaissant assez régulièrement, de mois en mois. Il s'échappe de la vulve du sang et des mucosités tantôt sanguinolentes, tantôt blanches. Cet écoulement, qui dure six ou huit jours, est accompagné de gonflement et de chaleur dans la vulve et les parties environnantes. Les femelles sont alors très avides de l'approche des mâles. Ainsi donc, quoique moins caractérisée que chez la femme adulte, une véritable menstruation sanguine a pourtant lieu chez certains singes,

et il était intéressant de s'assurer si les conditions anatomiques qui semblent présider à ce phénomène dans l'espèce humaine se retrouvent chez los singes, avec des modifications toutefois en rapport avec la moindre intensité de l'hémorrhagie chez cette espèce animale.

Sur une femelle adulte de *Magot*, deux injections solidifiables furent poussées, l'une dans les artères, l'autre dans les veines de l'utérus. A mesure que se faisait la réplétion des vaisseaux, nous vîmes manifestement lo corps de l'utérus, qui était dans l'antéversion, se redresser, s'élever et se placer au centre du bassin, comme un battant au centre de sa cloche.

En même temps los dimensions de l'utérus furent augmentées, et particulièrement le diamètre antéro-postérieur, dont la longueur primitive fut presque doublée. L'utérus devint comme *globuleux*.

L'examen anatomique montra le corps érectile de l'utérus et celui de l'ovaire à un degré de développement incomplet, semblable à ce que l'on observe chez la jeune fille à une époque voisine de la puberté.

Chez certains singes, comme chez la femme, l'utérus présente un véritable tissu érectile occupant le corps de cet organe à l'exclusion du col. Comme chez la femme aussi, l'ovaire est supporté par un véritablo bulbe érectile. Le degré de développement de ces appareils érectiles tient le milieu entre celui de la femme adulte et celui de la jeune fille non pubère.

Il existe chez ces femelles uno hémorrhagie menstruelle peu abondante analogue à ce que l'on observe chez la jeune fille au début do la menstruation.

Ces nouveaux faits viennent donc donner une confirmation de plus à cette conclusion générale qu'une *véritable hémorrhagie menstruelle ne se montre que là où l'utérus présente une structure véritablement érectile* (1) et que, là où cette structure est reconnue, l'hémorrhagie menstruelle apparaît toujours plus ou moins manifeste.

Il y a donc corrélation étroite entre ces deux faits, hémorrhagie menstruelle et érection do l'utérus.

42. — *Sur les conditions biologiques qui déterminent le développement des formations érectiles du corps de l'utérus et l'apparition d'une hémorrhagie* (*menstruelle*) *liée à l'ovulation, chez les Primates.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études. 1875-1876.)

La diminution des produits entraîne la réduction et la coalescence plus complète des cornes utérines, qui déjà chez les ruminants ne servent plus qu'à loger

(1) Ch. Rouget, *loc. cit.* (*Journal de physiologie*, 1858.)

les annexes de l'embryon (allantoïde et placenta) tandis que l'embryon avec l'amnios occupe la cavité du corps. Les masses musculaires et vasculaires des cornes utérines se concentrent autour des angles supérieurs de la cavité du corps, derniers vestiges des cornes.

L'œuf à sa sortie des trompes se greffant au niveau de ces angles, le développement du placenta y détermine un accroissement et une dilatation considérables du système vasculaire. L'hérédité établit la permanence de ce développement vasculaire, qui constitue le corps érectile de l'utérus.

43. — *Note sur des appareils musculaires annexés aux glandes génitales dans les deux sexes, et sur leurs fonctions.* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1857 et notice de 1860.)

Dans cette note, je fais connaître l'existence de deux nouveaux appareils musculaires, le muscle ovario-tubaire, et le muscle propre du testicule.

La description et les fonctions du premier sont exposées en détail dans mon mémoire sur les appareils érectiles de la femme; quant au muscle propre du testicule qui est, chez le mâle, le représentant du muscle ovario-tubaire, il est extrêmement développé chez le cheval et constitue en grande partie chez l'homme la tunique dite *fibreuse* du cordon et le feuillet pariétal de la *tunique vaginale.* — Cette dernière portion forme un sac musculaire dont l'action sur le testicule, plus immédiate que celle du dartos et du crémaster, a pour effet de comprimer la glande et d'en exprimer le produit presque solide (cellules à spermatozoïdes), au niveau du plexus pampiniforme, véritable corps érectile annexé au testicule, les rapports des faisceaux musculaires avec les vaisseaux sont tels que leur contraction doit nécessairement faire obstacle au retour du sang par les veines et déterminer l'érection de la masse vasculaire. Une congestion active du testicule, coïncidant avec l'éréthisme vénérien, est la conséquence immédiate de cette érection, et c'est par elle seulement que peut s'expliquer l'augmentation si remarquable de l'activité de la sécrétion spermatique sous l'influence de l'excitation sexuelle. Le *muscle propre du cordon et du testicule* que j'ai fait connaître en 1857 est désigné, en Allemagne et même en France, sous le nom de *crémaster interne* de Henle qui ne l'a décrit que huit ans après moi.

44. — *Note sur les nerfs des organes de la copulation chez l'Homme,* avec une planche (Mémoires de la Société de biologie, 1853).

Le plexus caverneux, que Müller, Valentin et Kobelt encore regardent à peu près comme l'unique origine des nerfs des organes érectiles de la verge, n'en fournit en réalité qu'une très faible partie.

Les nerfs dorsaux, dans toute la longueur do leur trajet, depuis la racine de la verge jusqu'au gland, fournissent des rameaux grêles, mais nombreux (rameaux coronaires) dont la disposition ne me paraît pas avoir été indiquée.

Ces ramuscules, au nombre de trois à cinq de chaque côté, se détachent en dehors des nerfs dorsaux et contournent, conjointement avec les *veines en couronne*, les corps caverneux, fournissant des filets qui traversent presque immédiatement do petits orifices de l'enveloppe fibreuse et gagnent la gouttière que forme de chaque côté la rencontre du corps spongieux et des corps caverneux. Là, ils se terminent par dos filets qui se portent, les uns en avant, les autres en arrière le long de cette gouttière, et vont s'anastomoser avec des filets des autres ramuscules.

De là résulte une espèce de plexus (*plexus latéral du pénis*) étendu de la racine de la verge au voisinago du gland, et cachè dans la gouttière uréthro-caverneuse. De ce ploxus naissent les filets nerveux qui pénètrent dans le corps spongieux de l'urèthre et dans le corps caverneux par les orifices mêmos qui donnent passage à des veinules afférentes.

A la face inférieure du pénis, et spécialement du corps spongieux de l'urèthre, existent deux rameaux nerveux dont il n'avait, je crois, été fait nulle mention jusqu'ici. Ces rameaux proviennent de la branche périnéale superficielle du nerf honteux, au niveau de l'extrémité postérioure du muscle bulbo-caverneux.

Confondus sans douto jusqu'ici avec les rameaux musculairos, ils pénètrent à l'extrémité postérieure du bulbe, dans une ospèce de canal formé par le raphé médian du muscle bulbo-caverneux. A l'extrémité antérieure, les deux nerfs, cachés dans l'épaisseur de l'enveloppe fibreuse du corps spongieux, cheminent parallèlement jusqu'au voisinage du gland, et là se terminent, partie par des filets qui s'anastomosent avec le *plexus latéral de la verge*, partie par des filets qui pénètrent dans lo tissu spongieux de l'urèthre. Pendant leur trajet, ces nerfs *uréthro-péniens* fournissent également de nombreux filets au corps spongieux de l'urèthre, et probablement aussi à la muqueuse.

J'ai pu, choz le cheval, suivre jusqu'à leur terminaison dans les trabécules des corps caverneux des rameaux émanés des nerfs dorsaux de la verge. *Le nombre, beaucoup plus considérable qu'on ne le supposait, de nerfs destinés aux organes érectiles de la verge, la terminaison de ces nerfs dans les trabécules, viennent à l'appui de l'opinion que le tissu propre des corps caverneux et spongieux joue un rôle actif dans l'érection.*

45. — *Mémoire sur le gubernaculum testis et la descente du testicule*, avec 2 planches. (Communiqué à la Société de biologie. *Procès-verbaux,* juin 1856.

L'organe communément désigné sous le nom de *gubernaculum testis* se com-

pose : 1° d'un cordon central constitué par des vaisseaux, des nerfs, du tissu cellulaire; 2° de faisceaux musculaires striés; 3° de faisceaux musculaires lisses; 4° d'un revêtement péritonéal.

Les faisceaux musculaires striés ne s'insèrent nullement au testicule comme on l'a avancé par erreur. On sait que plus tard ils constitueront le crémaster, et cela seul eût dû suffire pour faire reconnaître ce qu'il est très facile de constater sur un embryon humain de cinq à six mois : c'est que, arrivés au voisinage de l'extrémité inférioure du testicule, au niveau de la queue de l'épididyme, à laquelle ils sont comme accolés, ces faisceaux décrivent des ansos et redescendent vers l'anneau inguinal.

C'est à tort que l'on a contredit l'opinion de Hunter, qui considère le muscle du gubernaculum (*cremaster*) comme uno dépendance des muscles larges de l'abdomen. L'exactitude de cette opinion est facile à vérifier chez les *Rongeurs*, dans les espèces chez lesquelles les migrations du testicule ont lieu à l'état adulte, à l'époque du rut. Chez le fœtus humain, on trouve aussi toutes les transitions entre les faisceaux propres du *transverse* et les anses de plus en plus allongées du muscle strié du gubornaculum. Celles-ci, d'ailleurs, ont en dehors, à l'arcade crurale, les mêmes origines que les fibres du transverse, et se terminent on dedans au pubis avec les faisceaux de ce muscle et ceux du petit oblique qui concourent à la formation du *fascia transversalis*. Le faisceau moyen, que Curling, Robin, etc., ont attribué à tort au muscle du gubernaculum, ne contient que du tissu cellulaire et des vaisseaux.

Les fibres musculaires lisses n'appartiennent pas davantage à ce faisceau moyen. Elles formont immédiatement sous le péritoino un revêtement au crémaster; seules elles adhèrent réellement au testicule et à l'épididyme : elles sont une dépendance de l'organe, dont j'ai fait connaître l'existence chez l'adulte, le *muscle propre du testicule et du cordon*.

La contraction du crémaster ne pout, chez l'embryon, amener lo testicule que jusqu'à la partie moyenne du canal inguinal. C'est la contraction des parois musculaires de ce canal qui chasse le testicule au dehors ; et ce n'est pas par une *contraction*, mais par une *rétraction* lente de ses faisceaux *fibreux* et non *musculaires*, que le cordon central (ligament du testiculo) attire au fond des bourses le testicule déjà sorti de l'anneau inguinal.

La description du ligament rond chez la femme et les fomelles des principaux mammifères, que j'ai donnéo dans mon mémoire *sur les organes érectiles* (*Journal de la physiologie*, t. I), montre la parfaite homologie de cet organe et du *gubernaculum testis*.

II. — PHYSIOLOGIE DES CENTRES NERVEUX.

46. — *Physiologie des phénomènes réflexes.* — Leçons du cours du semestre d'hiver 1862-1863, publiées comme introduction aux leçons sur les principales formes de paralysie des membres inférieurs, par C.-E. Brown-Séquard. Paris, 1864.

Dans ces leçons, je mentionne les résultats d'une expérience dont l'auditoire a été témoin, relative aux effets de la section des nerfs vaso-moteurs contenus dans le tronc du nerf sciatique à sa sortie du bassin. Indépendamment de la paralysie du mouvement et de la sensibilité, on constate la dilatation des vaisseaux, la tuméfaction de la patte postérieure du côté lésé, et une élévation considérable de la température; celle-ci, qui avant l'expérience (l'air ambiant étant à + 15°) était à + 26°, s'élève après la section jusqu'à 30° et même 32°. Mais, si l'on mesure la température de la patte du côté opposé, on fait cette singulière remarque qu'il peut y avoir jusqu'à 17° de différence entre la température des deux pattes, celle du côté sain n'étant que de 15°. Brown-Séquard avait déjà observé un résultat tout semblable à la suite d'une section d'une moitié latérale de la moelle épinière.

Il y a eu ici un double effet de la section du nerf sciatique. D'abord l'élévation de la température du côté de la section : elle s'explique très simplement par la paralysie des tuniques vasculaires consécutive à la section des nerfs vaso-moteurs qui s'y distribuent. Quant à l'autre effet, l'abaissement de température du côté sain, il est le résultat de la contracture des vaisseaux, due elle-même à l'excitation déterminée par la section et transmise à la moelle par les fibres centripètes du nerf sciatique. Cette excitation a été réfléchie des centres sensitifs du sciatique sur les centres et les nerfs vaso-moteurs de la même région.

C'est également en m'appuyant sur les résultats d'expériences faites sur des *Tortues* que j'établis qu'une excitation faible du tronc du pneumo-gastrique au cou ranime les battements du cœur qui viennent de s'éteindre, tandis qu'une excitation plus intense les arrête.

En me fondant sur ces faits et sur la présence constante de centres ganglionnaires, sur le trajet d'un mouvement nerveux qui détermine des effets d'arrêt ou de ralentissement des mouvements, je combats l'existence d'une prétendue catégorie spéciale de nerfs d'arrêt, et je montre que les faits observés s'expliquent, sans cette hypothèse, par les conséquences d'une excitation trop intense ou trop prolongée des ganglions, qui épuise leur activité, et, par suite, celle des conducteurs nerveux qui émanent de ces ganglions.

Actions réflexes d'arrêt ou paralysantes. — S'il est un fait qui parût bien établi en physiologie expérimentale jusqu'à ces dernières années, c'est que la section d'un nerf est suivie de la paralysie des parties auxquelles ce nerf se distribue, tandis que son excitation donne lieu à des manifestations d'activité dans les mêmes parties et détermine les muscles à se contracter. Aussi l'expérience de Budge et de Weber, dans laquelle l'excitation du nerf pneumo-gastrique a pour effet non pas l'accroissement d'énergie des contractions du cœur, mais, au contraire, l'arrêt de ces contractions, la paralysie momentanée des muscles auxquels se distribue le nerf irrité, cette expérience excita-t-elle l'étonnement des physiologistes et suscita les explications et les commentaires les plus divers. D'autres faits du même genre sont venus se joindre à celui de la suspension des battements du cœur par la galvanisation des pneumo-gastriques ou du bulbe rachidien. Pour expliquer ces faits en contradiction apparente avec les lois de la mécanique nerveuse, quelques physiologistes ont proposé d'admettre l'existence d'une classe de nerfs désignés sous le nom de nerfs d'arrêt (*Hemmungsnerven*). Il y a plus : un éminent physiologiste a même émis l'hypothèse que tous les nerfs ne jouent d'autre rôle que d'arrêter l'action propre des organes. Cette doctrine des *nerfs d'arrêt* est inacceptable, d'abord parce qu'elle n'explique rien : dire que l'excitation d'un nerf arrête les mouvements d'un organe parce que ce nerf est un nerf d'arrêt, c'est imaginer une hypothèse pour expliquer exclusivement un fait particulier, procédé peu rigoureux et nullement scientifique. On arriverait, d'ailleurs, pour certains organes, comme le cœur, à cette singulière conclusion que tous les nerfs qu'il reçoit sont des nerfs d'arrêt, puisqu'une vive excitation des nerfs cardiaques sympathiques amènerait l'arrêt du cœur comme la galvanisation du pneumo-gastrique (1). Cette conclusion est, du reste, en opposition formelle avec l'expérience par laquelle on démontre que la persistance des battements du cœur dépend essentiellement de la conservation et de l'intégrité des ganglions situés précisément sur le trajet des prétendus nerfs d'arrêt. Si, au lieu de chercher des explications hypothétiques plus ou moins ingénieuses, on se borne à déterminer les conditions dans lesquelles se montrent ces phénomènes d'arrêt, on voit que pour l'arrêt du cœur, de même que pour l'arrêt des mouvements de l'intestin grêle (expérience de Pflüger), le nerf qui reçoit l'excitation présente cette particularité importante de traverser des centres ganglionnaires avant de se distribuer à l'organe moteur qu'il innerve. Entre le muscle du cœur et le bulbe rachidien ou le tronc du pneumo-gastrique se trouvent, en effet, les

(1) Voy. Moleschott, dans le *Journal de physiologie* du Dr Brown-Séquard, etc. (Janvier 1862), T. V, p. 124.

nombreux ganglions cardiaques. Les ganglions cœliaques sont placés entre le tronc du nerf grand splanchnique et la terminaison de ses fibres nerveuses dans l'intestin grêle sans parler des ganglions périphériques contenus dans l'épaisseur des tuniques intestinales. *Toutes les fois que l'excitation d'un nerf a pour conséquence un arrêt de mouvement, on trouve des corpuscules nerveux ganglionnaires sur le trajet des fibres qui transmettent l'excitation;* toutes les fois, au contraire, que la fibre nerveuse ne présente aucun corpuscule ganglionnaire sur son trajet, entre le point excité et sa terminaison, l'effet d'une irritation est toujours un effet excito-moteur; les muscles auxquels le nerf se distribue manifestent alors par leur contraction l'excitation que le nerf leur a transmise. Ici aucune hypothèse n'intervient; nous nous bornons à constater la relation entre le phénomène et les conditions organiques de sa production. Mais les conséquences de cette remarque n'en sont pas moins d'une haute importance, car elles jettent un jour nouveau sur des faits obscurs ou inexplicables dans les conditions actuelles. Nous avons dit qu'une action réflexe consistait essentiellement dans une impression ou excitation transmise à un centre nerveux et communiquée par lui à un nerf moteur, de telle sorte que, d'une manière générale, un centre nerveux étant essentiellement constitué par un ou plusieurs corpuscules ganglionnaires, une action réflexe peut être ramenée à la transmission d'une excitation à un nerf moteur et à un muscle par l'intermédiaire de corpuscules ganglionnaires. La chaîne réflexe nous présente donc un système de fibres de transmission sur le trajet desquelles se rencontrent un ou plusieurs corpuscules ganglionnaires, c'est-à-dire précisément les conditions dans lesquelles une excitation d'un nerf peut avoir pour conséquence une paralysie, un arrêt de mouvement, au lieu d'un phénomène d'activité de mouvement.

Trouvons-nous, en effet, des phénomènes d'arrêt dans les actions réflexes? Et si ces phénomènes existent, comment les concilier avec les phénomènes de mouvement que nous avons cités comme la conséquence la plus habituelle de la transformation des impressions en motricité par les centres nerveux, c'est-à-dire des actions réflexes?

Le nerf pneumo-gastrique, qui détermine l'arrêt du cœur à la suite des excitations propagées dans sa partie périphérique, nous fournit aussi l'exemple le plus frappant d'un phénomène d'arrêt par action réflexe. L'excitation du bout central des nerfs pneumo-gastriques divisés amène, si elle est suffisamment intense, l'arrêt des mouvements respiratoires. Ici ce sont les fibres centripètes du pneumo-gastrique qui sont la voie parcourue par l'excitation; le pneumo-gastrique joue le rôle du nerf sensitif dans les actions réflexes ordinaires : son excitation devrait avoir pour conséquence un mouvement, et c'est ce que l'on observe, en effet,

quand l'excitation est légère; elle a, au contraire, pour conséquence un arrêt des mouvements respiratoires quand l'excitation est intense. Cette distinction des effets des excitations suivant leur intensité, nous la rencontrons aussi lorsqu'il s'agit de prétendus nerfs d'arrêt. Une faible excitation du nerf pneumo-gastrique (comme celle que produit une pince électrique, un arc composé de deux métaux, un petit couple de Bunsen ou de Daniel, etc.), active les contractions du cœur ou les ranime si elles étaient suspendues. L'excitation par un courant plus fort ou à intermittences rapides détermine, au contraire, l'arrêt du cœur. La loi est donc la même pour tous les cas où une excitation traverse des corpuscules ganglionnaires, avant d'atteindre l'organe dont elle doit mettre en jeu l'activité propre; elle s'applique également aux ganglions périphériques, comme dans le cas des nerfs cardiaques ou des splanchniques, ou bien aux corpuscules ganglionnaires des centres nerveux proprement dits, comme ceux du centre respiratoire du bulbe (*noyaux des pneumo-gastriques*). C'est, en effet, par l'intermédiaire de ces ganglions que l'excitation du bout central du nerf pneumo-gastrique est transmise aux nerfs respiratoires, et suspend les contractions rhythmiques des muscles des parois thoraciques.

Si l'on met à découvert le nerf auriculaire (branche du plexus cervical) d'un lapin, et que l'on excite légèrement ce nerf, on voit aussitôt les vaisseaux se contracter, l'oreille pâlir et la température baisser. Cet effet, lorsque le nerf est intact, est en grande partie le résultat de l'excitation des nerfs vasculaires compris dans le tronc du nerf auriculaire. Vient-on à couper ou à lier ce nerf auriculaire, l'excitation du bout périphérique détermine la contracture des vaisseaux, mais l'excitation du bout central donne également lieu à une contraction, surtout si l'excitation est faible, et cette contraction dure environ neuf secondes. Le bout central du nerf auriculaire n'agit évidemment que comme nerf centripète, comme nerf sensitif qui apporte au centre médullaire l'impression de l'excitant. Pour parvenir à l'oreille, cette impression doit nécessairement être réfléchie du centre sensitif sur les nerfs vaso-moteurs de l'oreille et sur les origines du cordon cervical du grand sympathique : celui-ci se comporte, sous l'influence de l'excitation qu'il reçoit par l'intermédiaire d'un nerf sensitif, comme il se comporterait sous l'influence de l'excitation directe d'un courant galvanique. Snellen qui, le premier, a fait cette expérience, a remarqué aussi que, au bout de neuf secondes, la contracture vasculaire fait place à une paralysie, à une dilatation des vaisseaux tout à fait semblable à celle que l'on observe à la suite de la section du cordon cervical du grand sympathique. En cherchant à vérifier par une modification de cette expérience le principe des actions réflexes d'arrêt, j'ai constaté que, pour obtenir d'*emblée* une dilatation vasculaire, une élévation de température très prononcée,

il suffisait d'exciter le bout central du nerf auriculaire par un courant très intense (le courant maximum de l'appareil de Dubois-Reymond). On peut donc démontrer directement que dans les modifications de la circulation de l'oreille par action réflexe, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'un nerf sensitif (centripète), la loi que nous avons formulée plus haut pour les excitations transmises à travers les corpuscules ganglionnaires se vérifie complètement. *Une excitation légère et de peu de durée se manifeste par un accroissement d'énergie des contractions; une excitation intense et de plus longue durée a pour effet un arrêt des contractions, une paralysie.*

47. — *Contrôle expérimental des recherches de Fritsch et Hitzig, Ferrier, Dupuy, Carville et Duret, sur les centres moteurs volontaires du cerveau et sur l'excitabilité de l'écorce des hémisphères cérébraux.* (Gazette méd. et Progrès méd., 1875.)

Les résultats de ce travail ont été communiqués à la Société de biologie de Paris, en avril 1875. Ils confirment la réalité de la plupart des faits annoncés par Ferrier sur la production d'attaques épileptiformes par la seule exposition à l'air de l'écorce cérébrale chez certains animaux (cobayes) et à la suite d'excitations répétées, par les courants électriques induits, de la surface des circonvolutions. Dans ce dernier cas, les convulsions persistent pendant plusieurs minutes après la cessation de l'excitation électrique (chiens, chats et lapins).

Les courants continus, même faibles, diffusent beaucoup plus que les courants induits à interruptions rapides, désorganisent par action électrolytique la substance cérébrale, et provoquent très promptement des convulsions générales.

La diffusion des courants induits est, au contraire, tellement restreinte qu'on peut obtenir à volonté des effets négatifs ou positifs en excitant deux points séparés par un intervalle de 1 à 2 millimètres au plus, suivant que l'on agit sur une partie des circonvolutions qui ne renferme pas de centre moteur, ou sur la partie correspondante à ce centre.

Sur un chat qui avait subi la destruction du centre des pattes antérieures, suivie de paralysie partielle de la patte du côté opposé, après le retour complet de ce membre à l'état normal, l'extirpation du centre des pattes antérieures du côté sain ne fut suivie que de troubles très légers et peu persistants dans les mouvements des membres antérieurs, bien que les deux centres moteurs des pattes antérieures fussent alors détruits dans l'écorce cérébrale des deux côtés.

En excitant les régions des circonvolutions frontales indiquées par Ferrier comme centres moteurs des mâchoires, des pattes antérieures et des pattes postérieures, j'ai obtenu ordinairement les effets indiqués par lui chez les lapins, les chiens et les chats adultes; mais, en portant l'excitation sur les mêmes régions,

et même sur tous les points de l'écorce cérébrale sur des chiens et chats nouveau-nés, je n'ai obtenu aucun effet avec ces courants induits do même intensité et même plus intenses que ceux qui suffisent à provoquer des contractions des mâchoires ou des membres chez l'animal adulte.

Ces observations démontrent que les effets positifs obtenus par l'excitation électrique de l'écorce cérébrale ne sauraient être attribués à une diffusion des courants atteignant les ganglions de la base du crâne : car ce résultat devrait se produire bien plus facilement chez les jeunes animaux que chez les adultes. Il semblerait démontrer aussi que les éléments de l'écorce grise n'ont pas atteint à cette époque leur développement complet au point du vue fonctionnel.

III. — SENS DE LA VISION.

48. — *Mémoire sur la structure de l'œil et en particulier de l'appareil irio-choroïdien.* (Mémoire de la Société de biologie, 1856.)

Les membranes de l'œil constituent trois appareils distincts :

1° La sclérotique et la cornée, appareil de protection;

2° La choroïde et l'iris, appareil d'accommodation ;

3° La rétine et la couche pigmentaire de la choroïde, appareil de vision, enveloppant les milieux dioptriques, appareil physique de réfraction.

Structure de l'appareil irio-choroïdien :

1° *Le muscle ciliaire radié chez les oiseaux et les mammifères.* Insertion antérieure au sillon kéracto-sclérotical, continuité avec la membrane de Descemet, représentant le tendon antérieur, continuité en arrière avec la lame fibreuse superficielle de la choroïde, tendon postérieur.

2° *Le muscle ciliaire circulaire.* — Première description de cette couche musculaire profonde formée de faisceaux obliques entre-croisés, constituant par leur ensemble un anneau musculaire. Ces faisceaux se continuent, en arrière avec le stroma conjonctif de la choroïde au niveau du sommot des procès ciliaires, en avant avec les piliers d'origine de la couche musculaire profonde à faisceaux radiés de l'iris chez les mammifères.

Chez les *Oiseaux*, le muscle ciliaire circulaire existe également; il correspond au bord postérieur de l'iris et est constitué par des fibres striées dont un certain nombre, traversant obliquement l'iris, vont rejoindre l'anneau des fibres circulaires propres de l'iris avec lesquelles elles se confondent.

Vaisseaux de la sclérotique et de la cornée. — Première description du *plexus veineux kérato-sclérotical,* le prétendu *canal veineux* de *Schlemm.*

Vaisseaux de la choroïde et de l'iris. — Tout le sang qui revient de la couche

vasculaire si riche de l'iris, passe par les procès ciliaires et par un plexus veineux ciliaire qui occupe l'intervalle des têtes des procès ciliaires; ce plexus et les vaisseaux efférents des réseaux admirables (procès) ciliaires, se jettent dans les *vasa vorticosa*, seule issue du sang de l'appareil irio-choroïdien, pendant l'accommodation, le réseau capillaire des muscles ciliaires qui établit une communication indirecte entre le système veineux irio-choroïdien, et le plexus veineux kératoscléroticál, étant conprimés pendant la contraction des muscles ciliaires.

Première description d'un *réseau admirable choroïdien* situé au pourtour de l'entrée du nerf optique chez les mammifères et chez l'homme, qui paraît correspondre au réseau admirable choroïdien des *Poissons*.

49. — *L'appareil de l'adaptation de l'œil chez les Oiseaux, les principaux Mammifères et l'Homme.* (Comptes rendus de l'Acad. des sciences, 1856). — *Anatomie et physiologie de l'appareil irio-choroïdien. Accommodation de l'œil pour la vision aux différentes distances.* (Thèse de S. Rigail, mon préparateur. — Extraits de mes leçons, Montpellier, 1866.)

Mettons en action muscles et vaisseaux, contraction et érection, pour produire l'adaptation de la vue à courte distance par l'augmentation de courbure de la lentille cristalline et l'allongement de l'appareil dioptrique cristallo-vitré.

Le muscle ciliaire circulaire se contracte et comprime la couronne des procès ciliaires; ceux-ci, distendus par le sang et communiquant tous ensemble, peuvent être considérés comme un anneau liquide élastique, qui transmet en la régularisant la contraction exercée par le muscle ciliaire aux bords de la lentille cristalline et à la zone ciliaire du corps vitré.

L'effet général do cette contraction annulairo, qui ne s'exerce que sur la partie antérieure du sphéroïde cristallo-vitré, serait un refoulement excentrique en arrière, surtout dans la région choroïdienne, d'une partie de la masse dioptrique, et l'effet serait presque nul pour l'augmentation de courbure du cristallin et l'allongement de l'axe de l'appareil; mais ici intervient l'action du muscle ciliaire radié : la choroïde étant solidement fixée en arrière à la sclérotique, la contraction de ce muscle a pour effet de la tendre circulairement et de s'opposer par là au refoulement excentrique du corps vitré dans ce sens. En même temps, cette tension redresse la courbure de la partie antérieure de la choroïde, ce qui étend à une grande surface la compression circulaire de milieux dioptriques; nécessairement alors la masse de ces milieux incompressibles tend à s'échapper en avant et en arrière, d'où allongement de l'axe et propulsion en avant de la face antérieure de la lentille cristalline, dont la courbure est augmentée par la compression circulaire de ses bords. Quant à l'iris, immédiatement appliqué sur le cristallin,

comme le prouve sa convexité très prononcée chez la plupart des animaux, il est, dans l'adaptation à la vue de près et à une lumière moyenne, contracté pour accommoder les dimensions du diaphragme à la courbure de la lentille : il peut même jouer un rôle important pour produire cette augmentation de courbure de la face antérieure de la lentille, car les milieux dioptriques, comprimés de toutes parts dans le sac irio-choroïdien, tendent naturellement à s'échapper, à faire hernie par l'orifice unique de ce sac, la pupille.

Érection des procès ciliaires, contraction du muscle ciliaire circulaire, du *muscle ciliaire radié, tension de la choroïde, contraction de l'iris :* tels sont les phénomènes mis en jeu pour produire, dans les milieux dioptriques, les changements dont l'existence a été démontrée par les expériences de Krämer et d'Helmholtz, de Donders et Van Trigt.

Les modifications que subissent pour l'adaptation la poche irio-choroïdienne et son contenu sont tout à fait analogues à celles d'un muscle qui se contracte : il n'y a ni augmentation ni diminution de masse, mais un simple changement de forme auquel se prête la sclérotique en arrière. Quant à la chambre antérieure, la saillie du cristallin, dans sa partie moyenne, est compensée par l'élargissement de la gouttière irio-cornéenne, et l'écartement des parois du canal de Fontana. Enfin la tension augmentée des procès ciliaires peut trouver sa compensation dans la compression du réseau admirable choroïdien.

On attribue généralement, non-seulement en Allemagne, mais aussi en France, à H. Müller, de Wurtzbourg, une théorie de l'accommodation de l'œil aux distances qui n'est autre chose, comme le montre le parallèle ci-dessous, que la théorie que j'ai communiquée à l'Académie des sciences et qui a été publiée dans les *Comptes rendus* du mois de mai 1856, tandis que celle de H. Müller n'a été publiée que sept mois plus tard.

CH. ROUGET	H. MULLER
Comptes rendus de l'Académie des sciences, mai 1856.	*Archives d'ophthalmologie de Von Græfe*, Berlin ; janvier 1857.
1° Le *muscle ciliaire circulaire* se contracte et comprime la couronne des procès ciliaires qui transmet la contraction du muscle ciliaire aux bords de la lentille cristalline et à la zone ciliaire du corps vitré ;	1° Les faisceaux annulaires du muscle ciliaire exercent sur le bord de la lentille une pression qui augmente son épaisseur.
2° Action du *muscle ciliaire radié*. Sa contraction a pour effet de tendre circulairement la choroïde, de s'opposer au refoulement de la masse dioptrique, en	2° Les faisceaux longitudinaux de ce muscle déterminent un accroissement de pression sur le corps vitré, d'où il résulte que la surface postérieure de la lentille

arrière, d'où il résulte une propulsion en avant de la face antérieure du cristallin dont la courbure est augmentée par la compression circulaire des bords;	ne peut pas céder, et l'action de la pression sur les bords est concentrée principalement sur la face antérieure.
3° L'*iris* immédiatement appliqué sur le cristallin peut jouer un rôle important pour produire l'augmentation de courbure de la face antérieure de la lentille. Celle-ci, comprimée de toutes parts dans le sac irio-choroïdien, tend à faire hernie par l'ouverture de la pupille.	3° La pression de l'iris tendu sur la face antérieure du cristallin augmente sa courbure et empêche celle de la face postérieure.
4° Quant à la chambre antérieure, la saillie du cristallin dans sa partie moyenne est compensée par l'élargissement de la gouttière irio-cornéenne, par l'écartement des parois de Fontana.	4° La proéminence de la face postérieure du cristallin est rendue possible par le retrait de la partie périphérique de l'iris.

50. — *Les mouvements de l'iris et leur rôle dans l'accommodation de l'œil.*

(Note à M. H. Chrétien, publiée dans sa thèse d'agrégation : *la Choroïde et l'Iris*. Paris, 1876.)

« Les mouvements de l'iris se traduisent par des alternatives de resserrement et de dilatation de la pupille. Ces alternatives dépendent-elles de l'action de deux muscles antagonistes, ou sont-elles les conséquences, l'une de l'activité, l'autre du repos des muscles iriens?

« L'excitation de la rétine par la lumière, l'accommodation à la vue de près, — l'excitation électrique du tronc de la troisième paire — de l'iris tout entier, — l'absorption par la cornée de l'ésérine, de la strychnine, de la nicotine, — les convulsions de l'agonie, de l'asphyxie, etc., toutes les conditions propres à mettre en jeu l'activité des muscles iriens, sont accompagnées de resserrement de la pupille.

« Dans l'obscurité, chez les jeunes animaux dont l'œil est encore fermé et la pupille obstruée par les vaisseaux capsulo-pupillaires, la dilatation de la pupille est à son maximum.

« Chez les amaurotiques, dans les cas de paralysie du nerf oculo-moteur commun, la pupille est dilatée.

« L'absorption de l'atropine par la cornée est suivie à la fois de l'impossibilité d'accommodation pour la vue à courte distance et de la dilatation de la pupille. Dans la syncope, immédiatement après la mort des animaux tués par le chloroforme, lorsque le système musculaire général est en résolution, et le cœur arrêté

en diastole, la pupille est dilatée. Dans tous les cas, le défaut d'excitation des muscles iriens semble donc concorder avec l'état de dilatation de la pupille.

« La dilatation de la pupille que détermine l'absorption locale et directe de l'atropine, agissant nécessairement à la fois sur le sphincter et sur la membrane musculaire à faisceaux radiés, ne saurait être attribuée à la persistance d'action de cette dernière, le sphincter seul étant paralysé, car les éléments de ces deux appareils musculaires sont identiques, par leur structure et leurs propriétés, et l'action toxique doit produire simultanément les mêmes effets sur l'un et sur l'autre. Si la dilatation de la pupille coïncide dans ce cas avec la suppression complète et simultanée de l'action des deux muscles iriens, ne peut-elle pas se produire dans les autres cas par le même mécanisme ?

« L'antagonisme entre les deux muscles iriens est purement hypothétique.

« Chez les *Oiseaux* et en particulier chez le Pigeon blanc (dont l'iris, après l'ablation de l'uvée, est d'une transparence parfaite), rien n'est plus facile que de constater l'inexactitude des assertions des observateurs (H. Müller, Dogiel, etc.) qui affirment l'existence de fibres radiées et dilatatrices dans l'iris des oiseaux. Les alternatives de resserrement et de dilatation ne s'y produisent pas moins avec une énergie et une rapidité supérieures à ce que l'on observe chez les mammifères. De plus, le sphincter irien et le muscle ciliaire annulaire ne sont ici qu'un seul et même appareil.

« Les fibres striées à direction circulaire, mais formant un ensemble d'arcs de cercle qui s'entrecoupent très obliquement, couvrent toute l'étendue de l'iris, depuis l'ouverture pupillaire jusques et y compris la région de la choroïde, qui correspond au corps des procès ciliaires; ceux-ci sont embrassés par l'anneau des fibres postérieures de l'iris, comme ils le sont chez l'homme par le muscle ciliaire annulaire.

« La contraction de la pupille et la compression de la zone équatoriale du cristallin sont la conséquence immédiate de l'action simultanée de toutes les fibres circulaires de l'iris, fonctionnant comme muscle de l'accommodation.

« Les choses se passent-elles différemment chez les mammifères et chez l'homme?

« Les observations que j'ai faites au mois de novembre 1875 et que j'ai récemment complétées, tout en confirmant l'existence d'une membraue très mince composée de faisceaux anastomosés et ramifiés de fibres présentant tous les caractères histologiques des fibres lisses, à la face postérieure de l'iris, immédiatement sous la couche pigmentaire de l'uvée (appareil musculaire qui n'a rien de commun avec le prétendu muscle radié de Brücke et Kölliker), m'ont conduit à des conclusions notablement différentes de celles de Bruch, Henle, Dogiel,

Jeropheef, Iwanoff et Gruenhagen (1), relativement à l'origine et à la terminaison de ces faisceaux.

« Ils n'ont aucun rapport de continuité en arrière avec le ligament pectiné; leur terminaison par des arcades fermées au niveau du bord ciliaire (Jeropheef) (2) n'est pas plus exacte. Quant à l'indication vague d'une torminaison au bord ciliairo, à l'anneau ciliaire (?), elle indique seulement qu'on les a suivis jusque-là, sans voir comment ils se terminent en réalité.

« Arrivés au bord ciliaire de l'iris en avant de la tête des procès ciliaires, les faisceaux musculaires radiés se massent en formant des piliers séparés par des arcades pour converger vers l'origine antérieure du pli dorsal des procès ciliaires, où ils rencontrent et continuent des faisceaux venus des couches les plus profondes du muscle ciliaire annulaire, et qui convergent d'une façon analogue et dans le même point.

« En avant, à la région pupillaire, les faisceaux radiés ne se continuent pas directement en s'incurvant en arcades, avec les faisceaux propres du sphincter irien; ils recouvrent en arrière la moitié externe de la largeur du sphincter, en conservant leur direction radiée. C'est seulement au niveau de la moitié interne ou pupillaire du sphincter qu'ils changent do direction, deviennent obliques et transversaux, et forment, en s'anastomosant et s'entre-croisant entre eux, un réseau musculaire à mailles polygonales, accolé à la face postérieure du sphincter propre. — Par son origine et sa disposition générale, ce muscle établit la continuité de l'appareil musculaire de l'accommodation, de la limite postérioure de la région ciliaire au bord pupillaire; et, comme j'ai montré que les muscles ciliaires radiés, ot les extrémités postérieures des faisceaux du ciliaire annulaire, ont pour tendons le stroma conjonctif de la choroïde, et qu'une partie des faisceaux antérieurs du ciliaire annulaire se continuent, soit directement, soit par l'intermédiaire du réticulum du ligament pectiné, avec la couche conjonctive antérioure de l'iris, il en résulto que toute l'étendue du sac irio-choroïdien, dès l'entrée du nerf optique à l'ouverture pupillaire, est soumise à l'action des muscles de l'accommodation; aussi est-ce pendant l'accommodation que la membrane musculaire irienne à faisceaux radiés, entre en action, conjointement avec tout le reste de l'appareil musculaire dont ello fait partie, et communique à touto la zone périphérique de l'iris une tension active qui complète la compression que subissent ainsi de toutes parts, sauf au niveau de l'ouverturo pupillaire, los milieux dioptriques de l'œil.

« L'action physiologique de la fève de Calabar qui accommode l'œil pour la vue

(1) M. Schultze. Arch. f. mikros. Anatomie.
(2) V. Iwanoff, dans Stricker, t. II.

de près et détermine une contraction extrême de la pupille, celle de la belladone qui paralyse les muscles ciliaires et iriens, supprime l'accommodation et dilate la pupille, constituent, jo crois, une démonstration incontestable de la *synergie de tous les appareils irio-choroïdiens*

« L'iris faisant intégralement partie de l'apparoil de l'accommodation, les variations do tension vasculaire interviennent dans ses différonts modes d'activité, comme cela a lieu pour les autres parties de l'appareil.

« On sait depuis Grimelli, et je l'ai constaté nombre de fois, que, sur le cadavre, l'injection complète des vaisseaux de l'iris suffit à elle seule pour produire un resserrement notable de la pupille. Brown-Séquard, suspendant un lapin par les pattes de derrière, trouvo un rétrécissement considérable de la pupille. En sectionnant le sympathique cervical, le resserrement devient plus énergique.

« L'excitation des muscles iriens par un courant électrique, soit sur l'animal vivant, soit immédiatement après la mort, détermine un rosserrement de la pupille qui contraste par la lenteur de sa production avec les contractions normales et réflexes de la pupille. Ce mode de contraction lent appartenant à tous les muscles à fibres lisses, comment expliquer que les mouvements de la pupille des mammifères soient, à l'état normal, à peu près aussi rapides que ceux des oiseaux qui sont effectués par des fibres musculaires striées ?

« L'appareil vasculairo de l'iris des oiseaux forme, on arrière de la couche musculaire, une lame de veines tortueuses et enroulées, et d'artères hélicines des mieux caractérisées, dont l'ensemble présente tous les caractères des réseaux admirables du corps spongieux de l'urèthre.

« Chez les mammifères et chez l'homme, quand le système veineux de l'iris est complètement injecté, les troncs veineux, — sans parler de leurs ramifications, des capillaires et des artères, — couvrent l'iris d'une couche continue, sans interstices. Cette structure, rapprochée du fait de Grimelli, confirmé par mes propres expériences, n'autorise-t-elle pas à admettre comme très-probable que, à l'état normal, la distension du système vasculaire de l'iris concourt avec l'action musculaire au resserrement de la pupille, masquo et compense la lenteur d'action des fibres lisses; et que l'effet inverse, l'expulsion du sang par la contracture des tuniques vasculairos, concourt à la dilatation de la pupillo? — La contraction pupillaire qui accompagne, à la suite de la section du cordon cervical du grand sympathique, la distonsion paralytique de tout le système vasculaire céphalique du côté correspondant, et la dilatation qui succède à la galvanisation du bout périphérique du cordon cervical, et se produit en même temps que la contraction des vaisseaux, ne viennent-elles pas fortement à l'appui de cette manière de voir? En ajoutant surtout que la galvanisation du sympathique cervical peut, en

agissant sur le ganglion ophtalmique et, par suite, sur ceux des nerfs ciliaires de l'iris qui émanent des cellules de ce ganglion, déterminer dans les muscles iriens une paralysie d'arrêt, dont le mécanisme est le même que celui provenant de la présence d'entozoaires dans le tube digestif, ou du pincement douloureux d'un nerf sensitif, qui produisent la dilatation de la pupille.

51. — *La rétine et la choroïde, théorie nouvelle de la vision.* (Journal de la Physiologie, 1860. *Structure et usages de la rétine.* Thèse d'agrégation de M. Duval, Paris, 1872).

Tous les physiologistes admettent que les images des objets extérieurs viennent se peindre sur la rétine comme sur un écran, et que le pigment choroïdien a pour usage essentiel d'annuler toute réflexion des rayons qui ont pu traverser la rétine.

Or, la rétine ne présente nullement les conditions d'un écran; pendant la vie, elle est aussi transparente que les milieux de l'œil, que le cristallin ou le corps vitré, et se laisse comme eux traverser par les rayons lumineux qui ne sont arrêtés que par la surface de la choroïde; là ces rayons sont, non pas absorbés, mais réfléchis, dans la vision normale, chez tous les vertébrés.

Cette réflexion de la lumière au fond de l'œil est incontestable. Desmoulins l'avait déjà fait remarquer dans un mémoire très bien fait et trop peu apprécié, pour les nombreuses espèces animales dont la choroïde présente cet éclat métallique particulier qui caractérise le *tapis*. Ces animaux jouissent en général d'une vue très perçante même à une faible lumière, et on peut au moins en conclure que la réflexion des images au fond de l'œil ne trouble pas la vision, comme on l'avait supposé théoriquement.

Mais est-ce là une exception propre aux animaux pourvus d'un tapis, et les conditions de netteté de la vision sont-elles absolument différentes chez les autres vertébrés dont la choroïde présente, au lieu d'une surface réfléchissante, une surface tapissée d'un pigment noir que l'on suppose destiné à empêcher toute réflexion de la lumière?

En assimilant la couche pigmentaire de la choroïde aux surfaces noircies des instruments d'optique, on oublie que ce n'est pas seulement à la couleur noire, mais surtout aux irrégularités, aux innombrables aspérités de sa surface que cet enduit noir doit la propriété d'absorber les rayons lumineux. Une surface noire parfaitement lisse et polie, une couche régulière de vernis noir jouit d'un pouvoir de réflexion très marqué. Dans les expériences d'optique, on construit des miroirs très exacts avec une lame de glace polie recouverte sur l'une de ses faces d'un enduit noir.

Or, ces conditions sont précisément celles que l'on observe dans le *segment postérieur* de l'œil, où le pigment choroïdien est étalé à la face postérieure de la rétine, lamelle transparente, à surfaces courbes parfaitement lisses et régulières.

Au niveau du segment antérieur de la choroïde, le pigment, d'une teinte généralement beaucoup plus foncée, recouvre une surface très irrégulière, les plis fins et nombreux de la région ciliaire et de la face postérieure de l'iris, et là il est réellement disposé de façon à empêcher une seconde réflexion des rayons réfléchis une première fois au fond de l'œil.

Ainsi, *chez les animaux pourvus d'un tapis, le fond de l'œil agit comme un miroir concave de glace étamée.*

Chez les animaux où le pigment noir de la choroïde occupe la place du tapis, le fond de l'œil représente un miroir de glace noircie sur une de ses faces.

Dans l'un comme dans l'autre cas, les expériences directes prouvent que les rayons lumineux émanés des objets extérieurs sont réfléchis au fond de l'œil.

Les éléments de la rétine sont-ils impressionnés par les rayons directs, comme on l'admet généralement, ou par les rayons réfléchis, ou bien à la fois par tous les deux? Les sensations perçues sont toujours rapportées à l'extrémité terminale des nerfs. Les nerfs sensoriaux possèdent tous à cette extrémité terminale un appareil particulier destiné à recueillir l'impression spéciale que chacun d'eux transmet au centre de perception.

Les bâtonnets constituent, pour la terminaison des nerfs optiques, l'appareil spécial destiné à recevoir l'ébranlement des ondulations lumineuses.

Dans les yeux des invertébrés, les petits organes analogues aux bâtonnets annexés à l'extrémité des nerfs optiques ont leurs surfaces terminales dirigées vers l'extérieur; ils reçoivent donc l'impression comme cela a lieu pour les autres nerfs par leurs extrémités libres. Dans les yeux des vertébrés, la surface libre des bâtonnets est tournée en sens inverse de la direction des rayons lumineux émanés des objets extérieurs. Les rayons directs qui traversent, sans les impressionner, les tubes nerveux superposés dans les couches internes de la rétine, arrivent jusqu'à la surface de contact des bâtonnets et de la choroïde; là ils sont réfléchis, et le centre optique coïncidant sensiblement avec le centre de courbure de la rétine, la réflexion a lieu sensiblement dans la direction de l'axe des bâtonnets. Grâce à cette réflexion, les extrémités terminales des nerfs optiques chez les vertébrés reçoivent l'impression lumineuse par leur surface libre, comme chez les invertébrés.

« La situation de l'image objective des phosphènes, diamétralement opposée à celle de la région de la rétine excitée, démontre (quoique cette image soit complètement indépendante des phénomènes optiques de la vision) que toutes les

impressions communiquées aux extrémités des nerfs rétiniens par l'intermédiaire des bâtonnets sont *reportées au dehors de l'œil, dans la direction des axes prolongés des bâtonnets.* Les axes prolongés s'entre-croisent au centre de courbure de la rétine (dans l'œil), puisque les bâtonnets sont ordonnés suivant les rayons de cette courbure; après leur entre-croisement, ils ont en dehors de l'œil, dans la place où se produit l'image subjective, une direction inverse à celle des bâtonnets eux-mêmes : les axes prolongés des bâtonnets de la région supérieure de la rétine correspondent à la partie inférieure de l'image subjective (phosphène); ceux de la région inférieure à la partie supérieure, etc.

« Cette inversion se produit également quand, au lieu d'un corps solide (extrémité du doigt par exemple pour les phosphènes), c'est une image renversée formée sur le miroir choroïdien qui fait vibrer après réflexion les bâtonnets dans la direction de leur axe. De cette façon, le *renversement physique* (optique), résultant de l'entre-croisement des rayons principaux au point nodal, est compensé et annulé. En un mot l'*image, renversée par les conditions optiques de l'œil, est redressée par le mécanisme physiologique des sensations reportées à distance du point excité,* comme sont reportées loin du point excité les sensations de fourmillement périphérique résultant de congestion médullaire; ou, mieux encore, comme les sensations des moignons des amputés sont rapportées à l'extrémité des doigts. » (Ch. Rouget, décembre 1872.)

Six ans après que cette théorie de la vision était publiée, *Max Schültze* n'a pas dédaigné de se l'approprier à peu près textuellement dans son célèbre travail sur l'anatomie et la physiologie de la rétine : « Ces rayons lumineux, après avoir « traversé l'article externe des bâtonnets, sont réfléchis sur eux-mêmes et, venant « frapper la partie postérieure de l'article interne, l'exciteraient *d'arrière en* « *avant* et provoqueraient la perception. Cette théorie rend compte de l'existence « du tapis choroïdien dans l'œil de tant d'animaux. Le tapis n'a de sens qu'à « une condition, c'est que la lumière réfléchie par lui puisse arriver à être perçue. « Plus la quantité de lumière réfléchie sur les articles internes des bâtonnets est « grande, plus le sens de la lumière doit être développé. Or, chez les carnassiers, « les ruminants, le cheval, qui possèdent un tapis, la vision est, comme on sait, « très développée. » (Max Schültze, *Zur Anatomie und Physiologie der Retina,* Arch. f. Mikr. Anat., 1866.)

La récente découverte d'une couche sensible photographique de la rétine, le *rouge rétinien,* qui siège dans les articles externes des bâtonnets, enchassés eux-mêmes dans des dépressions de cellules pigmentaires de la choroïde, substitue à l'image momentanée formée sur l'écran réflecteur une image plus durable, quoique passagère aussi, mais ne modifie pas essentiellement la solution du pro-

blème, telle qu'elle est donnée ci-dessus, puisque c'est toujours d'arrière en avant, et non par los rayons directs venant de l'objet, mais par les vibrations émanées de l'image de l'objet, que les extrémités sensibles des nerfs rétiniens sont impressionnées.

IV. — Sens du toucher.

52. — *Mémoire sur les corpuscules nerveux qui se rencontrent, à l'origine des nerfs sensitifs, dans les Papilles de la peau et des muqueuses* (Archives de Physiologie, vol. I, 1868, p. 811).

Les corpuscules de Krause, tels qu'on les observe dans la conjonctive de l'homme, nous présentent la forme la plus élémentaire des terminaisons nerveuses.

En examinant la zone de conjonctive oculaire qui avoisine la cornée de l'homme, après l'avoir débarrassée de son revêtement épithélial par la macération dans l'eau faiblement acidulée, on découvre, disséminés par groupe, de petits corps arrondis, appendus comme des grains à l'extrémité des tubes nerveux à double contour. Ces tubes s'enroulent en conservant leur double contour autour du corpusculo, et les enroulements sont quelquefois si multipliés et si serrés qu'ils couvrent presquo toute la surface du corpuscule, qui semble alors n'être autre chose qu'un peloton de tubos nerveux enroulés; presque toujours pourtant, on aperçoit, dans une étendue plus ou moins considérable, une portion de la masse intérieure du corpuscule, qui n'est pas recouverte par les enroulements du tube nerveux.

Lorsque les corpuscules forment un groupe nombreux dans certains points, il n'est pas rare de voir deux ou trois corpuscules aux enroulements desquels concourent à la fois un ou plusieurs tubes nerveux, de façon qu'il y a uno tendance évidente à la fusion de plusieurs masses corpusculaires en une seule, sans que, cependant, cette fusion se soit jamais montrée complète dans la conjonctive, comme elle l'est dans d'autres parties, les papilles de la peau.

Quelquo différents que puissent être l'aspect et le volume des corpuscules de la conjonctive, par suite de la simplicité ou de la multiplicité des enroulements du tube nerveux à double contour, la constitution de ces corps est toujours la même; un tube nerveux à double contour s'enroule vers sa terminaison, se dépouille de sa couche médullaire, et se renfle en s'épanouissant en une masse de substance nerveuse identique à celle du cylinder axis, munie de ses noyaux et n'ayant d'autres enveloppes que le prolongement de la gaîne de Schwaun et du périnèvre confondus en une membrane unique.

Les corpuscules du tact sont constitué de la façon suivante : — Les tubes nerveux émanés du réseau sous-cutané se dirigent vers la base des papilles, et gagnent le corpuscule du tact correspondant. Les plus petits corpuscules ne reçoivent généralement qu'un seul tube nerveux qui les atteint tantôt par leur extrémité inférieure, tantôt par leur extrémité supérieure; ils ont généralement une forme subglobuleuse. Les corpuscules plus volumineux sont allongés, ovoïdes ou cylindriques, à extrémité arrondie. Ces corpuscules reçoivent généralement plusieurs tubes nerveux, de trois à quatre quelquefois, qu'on peut suivre, se dirigeant les uns vers la partie moyenne, les autres vers les extrémités du corpusculo; arrivés à un certain point de leur trajet, les nerfs à double contour, intimement appliqués à la surface du corpuscule, s'insinuent dans l'épaisseur de sa couche corticale, perdent leur doublo contour, et deviennent des fibres pâles à noyaux, sans moelle. Ces fibres décrivent des enroulements superposés qui forment précisément la couche corticale du corpuscule. Aucune membrane d'enveloppe, aucune capsule conjonctive ne revêt cette surface du corpuscule, et les dentelures des contours des fibres enroulées, apparaissent nets et libres sur les bords du corpuscule, et surtout à l'extrémité de certains corpuscules du tact faisant librement saillie au sommet de quelques papilles. Toute la surface du corpuscule est ouverte, sauf peut-être aux extrémités de l'ovoïde, par les tours pressés des fibres corticales, qui ne permettent pas de voir la substance granuleuse centrale, à moins que les fibres ne soient accidentellement écartées, ou que le foyer de la lentille, dépassant los couches superficielles, ne plonge au-delà des couches corticales suffisamment transparentes jusque dans l'intérieur du corpuscule, où l'on peut alors constater la présence des granulations et des noyaux de la substance centrale.

L'enroulement des fibres corticales est tellement complexe, — plusieurs plans se couvrant et se coupant en partie dans les corpuscules du tact, — qu'il est absolument impossiblo de suivre une fibre corticale dans tout son trajet jusqu'à son extrémité terminale.

S'il n'est pas possible de dérouler le glomérule nerveux qui forme la coque extérieure du corpuscule du tact, les coupes horizontales du corpuscule, qui montrent très nettement les anneaux plus ou moins complets, formés par les fibres corticales autour de la substance centrale, permettront peut-être, dans quelque heureuse préparation, de constater lo passage et la soudure d'une fibre corticale dans cette substance nerveuse centrale; c'est-à-dire la disposition que j'ai pu constater dans les corpuscules de la conjonctive où les enroulements des fibres nerveuses laissent à nu la substance centrale dans une grande étendue.

Les corpuscules terminaux, tant dans la muqueuse des organes génitaux que dans celle de la langue, des joues, des lèvres, etc., offrent toutes les formes

transitoires possibles, entre les petits glomérules de la conjonctive et les véritables corpuscules du tact.

Dans les papilles du gland, dans les papilles coniques de la langue, tantôt disséminés, tantôt à côté l'un de l'autre, ici un tube nerveux décrivant seulement un ou deux tours d'enroulement autour d'une petite masse granuleuse à noyaux dans laquelle il se termine, là un véritable corpuscule de la conjonctive oculaire comme je les ai vus et décrits, tandis que dans une papille voisine et souvent contiguë, le nombre des tours de l'enroulement nerveux se multiplie, et le volume du corpuscule augmente en même temps, et la forme globuleuse passant à la forme ovoïde allongée, on a sous les yeux un véritable corpuscule du tact, avec tous les détails de structure qu'il montre dans les papilles des doigts.

Les coupes horizontales de ces corpuscules, ou plus simplement encore, des vues d'en haut suivant leur axe longitudinal, permettent d'y constater très-nettement les anneaux périphériques de la couche corticale, la couche centrale et ses noyaux, et là, comme dans la conjonctive, on peut très souvent s'assurer de la continuité de l'extrémité terminale d'une fibre enroulée avec la substance nerveuse centrale.

53. — *Note sur la terminaison des nerfs dans les corpuscules de Pacini (corpuscules de Vater).* (Bulletins de l'Académie nationale de médecine, juin 1866.)

A cette époque la constitution de la partie centrale de ces corpuscules et le mode de terminaison de l'élément nerveux étaient l'objet de contestations. — Henle, Robin et Kölliker (1863) décrivaient le noyau central comme un espace rempli de liquide; Leydig, comme un renflement du cylinder axis, et le véritable cylinder axis comme un canalicule central. — Engelmann croyait trouver dans ce noyau central les caractères de la couche médullaire continuant à envelopper le filament axile, et acquérant une épaisseur plus considérable dans l'intérieur du corpuscule.

J'ai constaté que la couche médullaire s'arrête brusquement au point où le tube nerveux atteint l'extrémité inférieure du noyau central, de même qu'elle s'arrête au point où le tube nerveux moteur atteint la surface de la plaque terminale des nerfs moteurs. Le cylinder axis se continue manifestement, ainsi que l'ont vu la plupart des observateurs, comme filament central du corpuscule; seulement ce filament qui a la forme d'un ruban aplati est séparé des couches les plus profondes du noyau central par un interstice qui, lorsqu'il se trouve exactement au foyer de l'objectif, donne à l'axe du corpuscule cette apparence de cavité qui a induit Leydig en erreur. Le filament central, observé sur l'animal vivant, et sans l'addition d'aucun réactif, présente manifestement à des grossissements de 250 à 600 dia-

mètres un aspect granuleux et semble constitué par de fines stries onduleuses parallèles. — Quant au noyau central qui paraît au premier abord nettement délimité des couches corticales, je me suis assuré qu'il n'avait aucun rapport de continuité avec la couche médullaire qui s'arrête brusquement à l'origine même de ce noyau. Il paraît, au contraire, offrir dans les couches les plus extérieures une transition graduelle et déjà apparente à l'état frais, avec les enveloppes corticales. Comme celles-ci, les couches périphériques du noyau central sont quelquefois nettement séparées par des interstices linéaires, et présentent des noyaux allongés que j'ai pu observer au centre même du corpuscule au voisinage du cylinder axis. Il était déjà probable, d'après cela, que le noyau central représentait un système d'enveloppes conjonctives plus molles et plus délicates que celles de la périphérie. En traitant les préparations par le bichromate de potasse, j'ai mis cette disposition en évidence; alors, en effet, le noyau se segmente en couches emboîtées, tout à fait semblables aux enveloppes périphériques, et les gouttes de plasma qui s'accumulent entre les enveloppes solidifiées prennent l'aspect de gouttelettes granuleuses médullaires et ont été figurées comme telles par Engelmann. J'ai pu extraire le noyau central du corpuscule et démontrer par l'action de l'acide chlorhydrique l'emboîtement du système d'enveloppes qui le constituent. Des coupes transversales des corpuscules de Pacini sont également très probantes pour cette démonstration.

J'ai d'ailleurs pu observer directement l'origine de ce noyau central, et constater qu'il n'est pas autre chose qu'une espèce d'épanouissement en lames multiples emboîtées de la couche la plus interne de l'enveloppe conjonctive du tube nerveux, de la gaîne de Schwann. Il résulte de là que la terminaison du tube nerveux sensitif dans un corpuscule de Pacini consiste essentiellement en un cylinder axis, dépourvu de couche médullaire, et se terminant libre et nu au centre d'un système d'enveloppes de substance conjonctive, dont la consistance et la stratification deviennent de moins en moins nettes de la périphérie au centre.

54. — *Sur la terminaison des nerfs sensitifs cutanés dans l'épiderme des larves de Batraciens.* — *Développement des nerfs* (Archives de Physiologie, 1875).

Sur de très jeunes larves de *Hyla viridis*, de *Pelodytes*, de *Triton palmatus*, dont la membrane natatoire a été dépouillée de son épiderme par l'alcool étendu d'eau, on voit les fibrilles moniliformes former en se dirigeant vers le bord libre de la membrane un réseau serré dans lequel s'entre-croisent des filaments axiles provenant de nerfs primitifs différents, de manière que *chaque district est innervé par des fibrilles de deux fibres nerveuses distinctes.* — Quand l'épithélium n'a été qu'incomplètement enlevé et reste encore adhérent au bord libre,

on voit les extrémités légèrement renflées en bouton des fibrilles axiles terminales s'insinuer dans l'interstice de deux cellules contiguës de la couche profonde de l'épithélium.

55. — *Sur la terminaison des nerfs sécréteurs dans les glandes.* (Communication à la Société de Biologie, séance du 11 août 1874. — Gazette médicale.)

Bien que l'expérimentation physiologique ait établi depuis longtemps que certains nerfs, la corde du tympan en particulier, ont sur l'activité des cellules glandulaires une influence analogue à celle des nerfs moteurs sur les éléments musculaires, les rapports intimes des terminaisons nerveuses avec les cellules glandulaires sont loin d'être établis par des observations positives.

Les descriptions de Pflüger sur le mode de terminaison des nerfs dans les acini des glandes salivaires ont été contestées par tous les observateurs qui ont entrepris de contrôler les résultats qu'il avait annoncés. Küppfer a fait des observations analogues sur les glandes salivaires de la *Blatte orientale,* que mes propres observations ne tendent nullement à confirmer. Les nerfs qui enlacent les lobules des glandes salivaires chez la *Blatte* sont extrêmement nombreux et forment de riches plexus qui enveloppent les acini; il est très facile de voir des fibres pâles, les unes volumineuses, les autres fines, qui semblent se terminer en s'épanouissant en cône à la surface des acini, la gaîne de ces fibres se soudant à celle de l'acinus, comme le périnèvre et la gaîne de Schwann se confondent avec le sarcolemme des faisceaux striés; mais, quant à la pénétration des fibrilles à travers l'enveloppe de l'acinus, jusque dans l'intérieur des cellules glandulaires, en employant le même mode de préparation qne Küppfer, je n'ai pu constater qu'une chose, c'est qu'il a évidemment décrit, comme filaments terminaux de la fibre nerveuse, les stries parallèles de protoplasma qu'on peut observer dans les cellules salivaires de la Blatte orientale, et qui présentent une grande analogie avec celles que Pflüger a figurées dans les cellules d'épithélium cylindrique des conduits salivaires du lapin et du bœuf. En observant le mode de terminaison des nerfs dans les glandes à venin de la queue des larves de *Salamandres* et surtout dans celles qui sont libres au milieu de la lame dorsale de la membrane natatoire, j'ai constaté que le tube nerveux à moelle qui fournit une ramification à chacune de ces glandes, se dépouille de sa gaîne médullaire au moment où il atteint, par l'extrémité opposée à l'ouverture en forme de goulot, l'amas de cellules sans enveloppe qui constitue la glande, prend les caractères d'une fibre pâle, pénètre à une certaine profondenr au sein de l'amas de cellules glandulaires et se divise en plusieurs filaments (trois ou quatre) qui

pénètrent dans les interstices cellulaires où ils semblent se terminer par une extrémité libre accolée à la surface du protoplasma cellulaire.

V. — Sens du goût.

56. — *Sur la nature des impressions reçues par la partie antérieure de la langue.* (Rapp. sur l'École Prat. des H. Études, 1873.)

On admet généralement que la partie antérieure de la muqueuse linguale jouit de la sensibilité générale tactile, et aussi de la sensibilité spéciale du goût. Les résultats différents ou contradictoires obtenus par divers expérimentateurs, pour la détermination des nerfs du goût, peuvent s'expliquer par la confusion des sensations gustatives proprement dites, avec des sensations de *contact spécial,* dépendant des propriétés chimiques ou physiques, des substances acides, alcalines, douces ou salées, styptiques, astringentes, etc. Ces sensations analogues à celles qui résultent du contact de liquides acides ou alcalins avec les parties de la peau où l'épiderme est mince, le bord des lèvres ou le derme sous-unguéal, impressionnent la partie antérieure de la langue, où l'on n'a trouvé, jusqu'à présent, que des terminaisons nerveuses, semblables à celles des parties les plus sensibles de la peau, des corpuscules du tact. Les véritables sensations gustatives, les saveurs amères ou sucrées ne sont senties qu'à la partie postérieure de la langue, là où des recherches histologiques récentes ont démontré aussi l'existence d'un mode spécial de terminaison nerveuse dans les organes en gobelets (*Becken organe*) des papilles caliciformes. En prenant les précautions convenables pour empêcher ou retarder la diffusion des substances solubles dans le liquide qui humecte la face dorsale de la langue, on constate que le *goût amer de l'aloès ou de la coloquinte,* le *goût propre du sucre manquent à la partie antérieure de la langue.*

VI. — Transpiration cutanée. — Action du sphincter vésical.

57. — *Expériences sur l'origine de la transpiration cutanée.* (Rapp. sur l'Éc. Prat. des Hautes Études, 1873-1874.)

Il s'agissait de déterminer si la vapeur d'eau qui constitue cette transpiration provient de la surface épidermique de la peau, comme quelques observateurs l'ont admis, ou bien si, suivant une opinion plus généralement acceptée, elle provient des orifices glandulaires de la peau, surtout de ceux des glandes sudoripares.

Une première série d'expériences, exécutée sur des *Tortues,* dont le revêtement

cutané est dans certaines régions complètement dépourvu d'orifices glandulaires, a fourni des résultats absolument négatifs quant à l'évaporation à travers les couches épidermiques.

58. — *Expériences sur la résistance du sphincter vésical après la mort.* (Rapp. sur l'Éc. Prat. des H. Études, 1873-1874.)

Ces expériences ont démontré que si l'obstacle à la sortie de l'urine de la vessie a été trouvé dans certains cas aussi considérable après la mort que pendant la vie, on ne saurait en conclure que ce n'est pas la contraction du sphincter qui s'oppose à la sortie de l'urine pendant la vie, car après la mort la résistance est due précisément à l'état de contraction permanente du sphincter, lors de l'établissement de la rigidité cadavérique qui se montre dans les muscles lisses, comme dans los muscles de la vie animale.

59. — *Des mouvements érectiles.* (Archives de physiologie, 1868.)

On observe chez les animaux, depuis les invertébrés jusqu'à l'homme, des mouvements produits par l'accumulation d'un liquide dans une cavité membraneuse. Tantôt cette cavité est celle du corps même (1), tantôt le liquide distend des espèces d'appendices membraneux extérieurs, les tentacules qui, mous et flottants en dehors de cet état, deviennent rigides, tendus et résistants sous la pression du liquide qui les remplit (Polypes *hydraires*, Polypes *bryozoaires*, *Actinies*). Les *Siponcles*, les *Synaptes* et surtout les *Holothuries* présentent de véritables mouvements d'érection de tout le corps, qui se gonfle, s'allonge et se distend, exactement commo les corps caverneux de la verge en érection. Tous ceux qui ont visité les bords de la mer ont pu voir à marée basse ces animaux semblables à des fleurs aux couleurs variées, et fixés aux rochers, les *Actinies*. Ces animaux peuvent gonfler leur corps dans des proportions plusieurs fois supérieures à son volume réel et ériger en couronnes saillantes tous leurs tentacules en accumulant l'eau dans l'intérieur de la cavité du corps et des tentacules. Pour cela de petits sphincters musculaires ferment énergiquement les ouvertures en forme de boutonnière qui se trouvent sur toute la paroi du corps et à l'extrémité des tentacules, tandis que l'eau pénètre par une espèce de déglutition ou par des tubes aspirateurs.

Quand l'animal est vivement excité, il se vide, s'affaisse, devient flasque et mou et considérablement réduit de volume, par suite du relâchement des petits

(1) La *cavité* dite du *corps* renferme chez les *Géphyriens*, les *Radiaires* et quelques *Annélides* un liquide analogue au sang auquel se mêlent souvent l'eau destinée à la respiration interne, et même quelquefois les produits des organes génitaux, œufs et spermatozoïdes.

sphincters qui laissent écouler l'eau, chassée en même temps au dehors par une contraction énergique des fibres musculaires de la paroi du corps. Cette succession de mouvements, de tension, de turgescence, d'érection avec augmentation de volume, suivis de l'affaissement et de la rapide rétraction sous un petit volume, s'observent d'une manière si frappante chez les Holothuries et reproduisent avec tant de fidélité tous les phénomènes de l'érection de la verge, que les gens de mer ne désignent pas les *Holothuries* sous un autre nom que celui du membre viril. Ces faits ne sont sans aucun doute pas étrangers au préjugé qui fait que l'on recherche tant sur les côtes de la Chine comme un suprême aphrodisiaque l'holothurie, mets très-estimé sous le nom de *Trépang*. Si j'insiste sur ces mouvements singuliers que produit la tension des liquides dans des cavités ou des tubes membraneux chez les invertébrés, c'est : 1° parce que ces phénomènes jouent un rôle de premier ordre (interviennent dans la plupart des modes de locomotion, donnent au corps de l'animal la résistance, lui permettent de déplacer d'autres corps, de se creuser des tubes, des abris, etc.); 2° parce que ces phénomènes se retrouvent jusque chez l'homme et les animaux supérieurs comme causes de mouvements particuliers qui se rattachent aux fonctions génitales et aux fonctions d'expression, dans leurs rapports avec les fonctions génitales (rougeur de la peau du visage et des seins sous l'influence des émotions érotiques).

Chez l'homme, comme chez les vertébrés, on ne trouve comme agents des mouvements d'érection que deux facteurs essentiels, un liquide contenu dans des cavités à parois membraneuses et des muscles. — Le liquide chez les invertébrés est habituellement de l'eau, souvent cependant mêlée au sang, les muscles sont les tuniques musculaires mêmes du corps ou des tentacules ; chez les vertébrés, *Oiseaux* et *Mammifères*, le liquide est habituellement le sang. Quant aux muscles qui retiennent le liquide dans les réservoirs qu'il doit tendre et qui ensuite l'expulsent ou le laissent s'écouler, ce ne sont jamais des appareils musculaires spéciaux, et on ne trouve pas davantage un tissu spécial, propre aux organes doués d'érection et qui mérite le nom de *tissu érectile*.

Quelquefois le système vasculaire, renfermant le sang dans son intérieur et muni des muscles propres de ses parois, suffit à lui seul à produire des phénomènes d'érection dans cette forme la plus simple que l'on désigne sous le nom d'hyperémie, de turgescence vasculaire, ou même, par abus de l'expression, sous le nom d'érection. La rougeur subite de certaines muqueuses et surtout celle de la peau du visage, suivies souvent d'une pâleur non moins subite, sont des phénomènes tout à fait semblables, dans leur mécanisme intime, à l'expansion et à la rétraction des tentacules des actinies. Il est parfaitement évident qu'il n'y a

là en aucune façon ni la présence ni l'intervention d'un tissu érectile quelconque.

Que se produit-il dans la crête du *Coq*, dans les caroncules du *Dindon*, qui diffère essentiellement des changements de coloration, de turgescence, d'animation de la peau du visage? Les causes excitantes ne sont-elles pas les mêmes, les émotions, la colère, l'amour? Les phénomènes essentiels, l'afflux du sang, le redressement des plis affaissés, l'épanouissement des traits de la face, et le redressement de la crête ou des caroncules, sont des phénomènes parfaitement analogues. La pâleur et l'affaissement consécutif à l'expulsion du sang s'observent de même dans les deux cas.

L'identité des trabécules musculaires du corps spongieux et de la tunique musculaire du conduit uro-génital est facile à démontrer chez l'enfant. Chez la petite fille, dans les premières années qui suivent la naissance, les bulbes du vagin, ces formations érectiles chez la femme adulte bien conformée, ne sont représentés que par les petits vaisseaux et les capillaires du muscle constricteur de la vulve; chez la plupart des femelles de mammifères, chez la lapine, la chienne, on ne trouve jamais autre chose. Mais chez la *Femme,* la *Jument,* la *Truie,* par les progrès du développement, ces petits vaisseaux deviennent variqueux, se dilatent, s'enroulent, s'enchevêtrent, et se transforment en cette masse vasculaire érectile, du volume d'une grosse amande, les bulbes du vagin.

Il n'existe pas davantage chez la petite fille, à la naissance, de bulbe érectile de l'ovaire, et le corps de l'utérus n'a encore qu'une paroi musculaire et membraneuse où les vaisseaux ne sont guère plus développés que dans l'intestin: on rencontrera cependant plus tard, dans ces deux régions, des appareils érectiles formellement caractérisés par la production de l'érection artificielle, par la disposition spéciale des vaisseaux et des muscles que j'ai déjà indiquée, artères terminées en bouquets de branches hélicines, veines plexiformes, réseaux admirables, etc.

Chez quelques mammifères, on voit naître en quelque sorte des formations érectiles dans certaines parties des enveloppes musculaires des organes génitaux, pendant que d'autres disparaissent ou s'atrophient : chez le lapin, par exemple, où l'appareil de la copulation est si exactement construit sur le même type dans les doux sexes, le gland n'est représenté que par quelques vaisseaux flexueux qui sortent de l'extrémité antérieure des corps caverneux; en même temps le bulbe de l'urèthre, les bulbes du vestibule, le cœur génital de *Kobelt,* manquent complètement : mais, par compensation, le corps spongieux se prolonge, sans ligne de démarcation aucune, dans la tunique musculaire de la portion pelvienne de l'urèthre, et s'épanouit autour du col de la vessie et de l'utricule prostatique en une espèce de renflement annulaire; de même, chez la femelle,

les bulbes du vestibule sont remplacés par un développement érectile général des vaisseaux de la tunique musculaire du vagin jusqu'au niveau du point où le col et le bas-fond de la vessie s'adossent à la paroi antérieure.

Il résulte de ce qui précède qu'il n'y a pas dans l'économie de *tissu érectile* spécial; mais seulement des organes, des appareils qui, par suite de modifications dans leurs dimensions et dans leurs rapports avec les parties voisines, deviennent capables de jouer le rôle de réservoirs temporaires d'une certaine quantité de sang, de changer de forme, de volume et de consistance, et d'ajouter à leurs fonctions primitives un rôle nouveau.

A. Dans la forme la plus simple et la plus rudimentaire de l'érection, dans le phénomène de la turgescence vasculaire de la peau du visage ou de certaines muqueuses, sous l'influence des émotions, dans l'érection de la crête du *Coq* et du *Dindon,* il n'y a pas autre chose en jeu que le sang et les parois vasculaires alternativement dilatées et resserrées sous l'influence, alternativement paralysante ou excitante, des nerfs vaso-moteurs.

B. Dans une seconde forme d'érection plus complexe, celle du corps de l'utérus et des bulbes des ovaires, les phénomènes initiaux appartiennent sans doute encore aux parois vasculaires et au sang, à une véritable hyperémie : mais bientôt intervient l'action énergique bien plus efficace des muscles utérins, utéro-ovariens et ovario-tubaires. Embrassant dans les mailles de leurs faisceaux contractés les vaisseaux et principalement les gros troncs veineux, ils retiennent le sang qui s'accumule dans les plexus érectiles, jusqu'au moment où la détente, arrivant, permet à une contraction tonique de chasser de ses réservoirs temporaires le sang que tout à l'heure elle y retenait, et de mettre ainsi fin à l'érection et à l'hémorrhagie qui, chez la femme et les femelles de quelques mammifères, en est la conséquence. Dans l'érection des organes de la copulation, aux deux phénomènes du début, l'hyperémie par dilatation paralytique des artères, et l'accroissement de tension par la contracture des trabécules musculaires, vient s'ajouter une troisième catégorie d'actes musculaires, dus à la contraction spasmodique des muscles ischio et bulbo-caverneux (*Krause* et *Kobelt*), du transverse profond (*Henle*), et aussi, comme je l'ai indiqué, du constricteur uro-génital (*muscle de Guthrie*), auxquels il faut joindre les muscles prostatiques et ceux des vésicules séminales, évidemment actifs au moment de l'éjaculation.

Dans cette troisième forme, la plus élevée et la plus complexe de l'érection, les muscles extrinsèques des organes copulateurs concourent à donner à ce phénomène son plus haut degré de développement dans les deux sexes. Ces muscles agissent non pas en produisant directement l'érection comme l'ont cru quelques physiologistes, mais en augmentant, en dirigeant, en gouvernant pour ainsi

dire, les mouvements, les changements de forme, les changements de volume des divers organes érectiles, suivant les périodes et les convenances de l'acte de la copulation. C'est là le véritable rôle des ischio-caverneux et surtout de ce cœur sexuel, formé par les bulbo-caverneux et si ingénieusement mis en lumière par Kobelt.

60. — *Polypes hydraires*, 2 planches. (Mémoires de la Société de Biologie, 1852.)

L'anatomie et la physiologie générales ont retiré de l'étude des organismes inférieurs des avantages incontestables.

Les curieuses observations de Trembley, sur la reproduction par scissiparité artificielle chez les polypes d'eau douce, sur le retournement de ces polypes, etc., sont à chaque instant invoquées; mais dans ce cas, comme toujours, des notions anatomiques complètes peuvent seules donner toute leur valeur aux observations physiologiques.

Depuis Trembley, l'anatomie des polypes d'eau douce a été le sujet de recherches nombreuses; mais ces recherches concordent si peu entre elles, leurs résultats sont si différents et la plupart du temps si confus, que les observations du naturaliste genevois sont susceptibles des interprétations les plus opposées.

Le désir de donner enfin une base solide à une expérimentation physiologique importante, et d'élucider en même temps certains problèmes de développement des tissus, m'a porté à entreprendre de nouvelles recherches dans un champ exploré déjà par d'éminents naturalistes (1).

J'ai montré que le corps de ces animaux n'était rien moins que constitué par une membrane en forme de sac, simple et homogène dans toute son épaisseur, résumant, pour ainsi dire, les tissus les plus divers des animaux plus élevés et jouissant à la fois dans toutes ses parties des propriétés essentielles de tout organisme animal, sensibilité, contractilité, faculté de digérer les aliments et de les absorber, et enfin faculté de reproduction. On peut, au contraire, distinguer dans les parois du corps de ces animaux trois couches au moins : l'une extérieure, pour le mouvement et la sensibilité, l'autre interne (membrane propre de la cavité digestive), enfin une membrane moyenne composée de globules colorés qui semble jouer un rôle important dans la nutrition de l'animal.

En effet, la quantité des globules est en rapport avec l'état de vigueur de l'animal. Chez les polypes affaiblis par le défaut d'aliments, chez les jeunes polypes incapables encore de se reproduire par gemmation, la couche colorée présente des lacunes considérables. Ce fait, très commun chez l'hydre vulgaire, se voit

(1) Trembley, Pallas, Rœsel, Laurent, Ehrenberg, Corda, Siebold, Ecker et Wagner.

aussi chez l'hydre verte, quoique avec plus de difficulté. Une observation due à Lauront démontre l'importance de la couche colorée, et vient encore à l'appui de l'opinion que nous émettons sur sa nature : c'est que la présence d'une portion de cette couche est indispensable pour qu'un lambeau détaché du corps d'une hydre puisse vivre et reproduire un nouvel être.

J'ajouterai qu'il m'a paru en être de même de la membrane interne, et que la présence des trois couches est nécessaire pour qu'un fragment du polype puisse reproduire un animal entier.

Les couches interne et externe, dont la structure est entièrement différente, ne peuvent suppléer et échanger, en quelque sorte, leurs fonctions, comme l'avait cru Trembley. L'erreur de cet observateur, relative aux prétendues digestions opérées par la surface extérieure de l'animal, retournée en dedans, s'explique par ce fait que le polype ne reste que fort peu de temps dans cet état artificiel, et, à l'aide de contractions lentes, replace bientôt les parties dans leur situation normale. Il était de la plus haute importance de réfuter cette erreur de Trembley, dont les conséquences tendant à établir que des organes, des tissus très différents par leur structure et leur constitution élémentaire peuvent accomplir ces fonctions identiques, étaient entièrement opposées aux vrais principes de la philosophie naturelle.

J'ai mis hors de doute, chez ces animaux, l'existence d'organes sexuels : j'ai décrit le développement des spermatozoïdes, qui présente la plus grande analogie avec ce qu'on observe chez les animaux supérieurs.

61. — *Le diaphragme chez les Mammifères, les Oiseaux et les Reptiles*, avec 2 planches (Mémoires de la Société de Biologie et Gazette médicale, 1851).

Le diaphragme existe plus ou moins modifié, non pas seulement chez les mammifères et les oiseaux, mais chez tous les vertébrés à respiration aérienne. Indépendamment de la portion pariétale de ce muscle (diaphragme proprement dit), des faisceaux plus ou moins développés, mais dont l'existence est constante chez l'homme même, constituent un *sphincter œsophagien*.

Ces faisceaux sont les analogues de ceux qui dépendent du diaphragme pelvien (releveur de l'anus) et embrassent l'intestin anal.

Dans les espèces animales, chez lesquelles le vomissement est impossible, l'obstacle à l'expulsion du contenu tient à la disposition spéciale du sphincter œsophagien.

Nouveau système de muscles qui se portent du diaphragme aux viscères abdominaux *chez les oiseaux :*

Muscle gastro-phrénique,

Muscle hépato-phrénique.

Chez l'homme, un faisceau musculaire qui, du pilier droit du diaphragme, se porte, en accompagnant l'artère mésentérique supérieure, vers la racine du mésentère, se termine (comme je l'ai moutré à la Société de biologie peu do temps après la publication de mon mémoire) sur le bord supérieur de la dernière portion du duodénum. C'est ce muscle qui a été décrit deux ans plus tard par Treitz comme un nouveau *muscle suspenseur du duodénum* de l'homme.

Étude du développement du diaphragme. — L'origine singulière des nerfs phréniques, si éloignée de leur point de terminaison, s'explique de la même façon que l'origine des artères spermatiques à la région lombaire, par le refoulement graduel du diaphragme, primitivement situé au niveau de la première vertèbre dorsale, à l'origine des membres supérieurs.

Le diaphragme, comme on l'avait avancé à tort, ne reçoit point de filets des nerfs pneumo-gastriques, ni des nerfs intercostaux. Les seuls nerfs qui s'y rendent sont les nerfs phréniques et les nerfs diaphragmatiques du plexus cœliaque.

III

ANATOMIE COMPARÉE ET PHILOSOPHIQUE.

62. — *Développement et structure du système osseux.* (Thèse de concours pour l'agrégation, Paris, 1856.)

J'expose, dans ce travail, d'après mes recherches originales, l'histoire du développement des os du crâne, ot celle du système osseux dans la série animale.

63. — *Le squelette des vertébrés au point de vue de la morphologie de l'appareil locomoteur.* (Journal de la physiologio, 1860.)

Dos parties plus ou moins considérables de la charpente fibreuse de tous les appareils peuvent se transformer en pièces osseuses, constituer dans leur ensemhle un squelette. Lorsque des rapports de contiguïté ou même de continuité, en quelquo sorte accidentels, s'établissent entre les pièces voisines de deux squelettes différents, ceux-ci n'en rostent pas moins, au point de vue de la morphologie générale, distincts et indépendants, comme les apparoils auxquels ils appartiennent. Les os de la peau, des muqueuses, des capsules sensoriales, quelles que soient leurs connexions avec l'endo-squelette, n'en restent pas moins essen-

tiellement parties constituantes des membranes tégumentaires ou des organes des sens.

L'étude du développement permet de montrer que, même dans le squelette proprement dit (*endo-squelette*), on peut isoler plusieurs ordres de formations osseuses appartenant à des appareils distincts : — les unes résultant de l'ossification de la couche fibreuse corticale do la corde dorsale (*centre des corps vertébraux*); — d'autres appartenant à l'enveloppe externe fibreuse des centres nerveux (arcs neuraux); — d'autres à l'enveloppe fibreuse de la cavité viscérale ou hœmatale (côtos, arcs hœmataux); — d'autres provenant de l'ossification de cloisons, d'intersections fibreuses des muscles, de l'ossification de tendons ou de ligaments (neurépines, hœmépines, apophyses, os des membres, otc.).

Le squelette proprement dit n'ost donc pas un système homogène, mais un assemblage de pièces dépendant d'organes ou d'appareils très distincts.

D'autre part, il est évident aussi que les pièces osseuses vertébro-costales sont loin de former un tout complet, et qu'on viole les connexions naturelles en les séparant du reste du véritable squelette, de la charpente générale de l'organismo, qui comprend non seulement l'ensemble des os, eartilages, ligaments et aponévroses, mais aussi la gangue cellulo-fibreuse dans laquelle la substance contractile est comme enchâssée.

La forme est indépendante des variations secondaires de la fonction; une même partie de l'appareil locomoteur peut, tout en conservant ses connexions naturelles, son identité, an point de vue morphologique, dans telle espèce, servir de canevas à la substance musculaire; dans tello autre, elle peut, abandonnée partiellement ou en totalité par cette substance, se condenser en faisceaux fibreux ou aponévrotiques; dans telle autre, enfin, se métamorphoser en cartilage, en os.

C'est à l'aide de ces données nouvelles que l'on peut espérer de résoudre enfin les grands problèmes qui, au commencement de ce siècle, ont captivé tant d'esprits éminents, Vicq-d'Azyr, Condorcet, Gœthe, Owen, Geoffroy Saint-Hilaire, Dugès, de Blainville, etc. : la recherche du type de la forme des vertébrés, la comparaison des membres entre eux, et même la démonstration de cette vue si ingénieuse de Dugès, que chaque membre d'un vertébré supérieur résulte de la fusion de cinq appendices d'un nombre égal de sogments du tronc. On ne rencontrera plus les obstacles insurmontables qui arrêteront quiconque ne reconnaitra l'homologie des différentes parties de la charpente organique, qu'à la condition qu'elles se présentent toujours sous le masque de la métamorphose osseuse.

64. — *Recherches sur le type des organes génitaux et de leurs appareils musculaires.* (Paris, in-8, 1855.)

65. — *Note sur les appareils musculaires du périnée.* (Comptes rendus de la Société de biologie, 1855.)

Les recherches dont les résultats sont exposés dans ces mémoires sont destinées à établir ce fait : que le phénomène de l'érection n'est pas une propriété d'un tissu spécial, le *tissu érectile*, mais un acte fonctionnel lié à une modification particulière des vaisseaux de certains *organes* essentiellement *musculaires*.

La modification du système vasculaire de ces organes consiste en ce que les veines et les capillaires se présentent à l'état de plexus rétiformes, le sinus caverneux et les artères sous la forme de réseaux admirables rudimentaires, de vaisseaux tortueux enroulés en spirales, dont les artères en tire-bouchon de l'utérus montrent le type régulier, et les artères brusquement enroulées des corps caverneux (*artères hélicines*) une simple variété de forme.

L'augmentation de volume, les changements de forme, la rigidité caractéristique des organes érectiles, ne sont que des phénomènes secondaires, conséquence immédiate et nécessaire de la contraction des faisceaux propres de l'organe musculaire devenu érectile. L'érection étant envisagée à ce nouveau point de vue, pour se rendre compte de ses conditions propres, de ses relations avec les autres actes de la grande fonction génitale, il fallait nécessairement soumettre à une nouvelle étude, non seulement les organes musculaires ÉRECTILES de l'appareil génital, mais tout l'ensemble du système musculaire de cet appareil.

Dans la partie relative à l'étude des appareils musculaires, je fais connaître pour la première fois des faisceaux musculaires qui, disposés d'après le même type que ceux des couches externes de l'utérus de la femme, embrassent les vésicules séminales et la dernière portion des canaux déférents, et constituent en grande partie ce que l'on a appelé l'aponévrose *prostato-péritonéale,* qui n'est autre chose que le surtout fibro-musculaire commun des vésicules séminales occupant chez l'homme la place qu'occupe l'utérus chez la femme.

Il résultait des recherches de Kölliker et Scanzoni qu'il existe des éléments musculaires en dehors de la muqueuse du vagin. — J'ai le premier démontré et décrit dans son ensemble la tunique musculaire du vagin, les deux couches de fibres longitudinales obliques et de fibres annulaires, leurs connexions avec les couches musculaires de l'utérus, du rectum et de l'urèthre avec le plexus veineux, leurs insertions terminales à l'arcade des pubis; et enfin les fibres musculaires de la membrane hymen, qui n'est autre chose qu'une espèce de protrusion du vagin dans l'anneau vestibulaire.

J'ai démontré par une description nouvelle du muscle constricteur du sinus uro-génital de l'homme (muscle de Guthrie, muscle orbiculaire de l'urèthre), et

des lames fibro-musculaires connues sous le nom d'aponévrose latérale de la prostate, que ces parties étaient en tout point les homologues des deux couches de la tunique musculaire du vagin.

Enfin, en étudiant le développement des formations érectiles du *vestibule* chez la femme et du tissu spongieux de l'*urèthre* de l'homme, j'arrive à cette conclusion qu'il n'y a là rien autre chose que la tunique musculaire propre du canal génital envahie et déformée par un développement anormal des veines et des capillaires, développement dont on peut, en quelque sorte, pas à pas, suivre la marche chez la petite fille.

Les faisceaux de la tunique musculaire de la portion pénienne de l'urèthre, connus seulement comme trabécules du corps spongieux, peuvent se contracter convulsivement dans des conditions autres que celles de l'érection, sous l'influence du froid ou d'une irritation de la muqueuse, et déterminer alors l'état de constriction du canal, qui constitue l'état de spasme de l'urèthre.

TRAVAUX DE PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE ET COMPARÉE de 1879 à 1886.

66. — *La contractilité des capillaires sanguins et leur tunique contractile, chez les mammifères.* (Comptes rendus de l'Académie des sciences, 1879.)

67. — *Observations sur la prétendue Chlorophylle animale des infusoires (Protozoaires).* (Rapports annuels des Professeurs du muséum d'Histoire naturelle, 1880.)

Les observations faites au printemps dernier sur des *Stentor polymorphus* de même provenance et offrant toutes les apparences que ceux qui ont été décrits, comme devant leur coloration verte à des grains de chlorophylle formés par le protoplasma de l'animal, ont conduit aux résultats suivants :

La coloration verte de ces animaux paraît ou disparaît suivant qu'ils se nourrisseut de protophytes verts ou qu'ils en sont privés.

Ces protophytes verts, contenus dans les vacuoles de l'Endorsarc, prennent dans ces vacuoles, sous l'influence du liquide sécrété par le protoplasma, une coloration bleue semblable à celle de la chlorophylle traitée par l'acide chlorhydrique. A la coloration bleue, succède le rouge brun, puis le rose pâle, en même

temps que le volume des protophytes diminue de plus en plus. Ils disparaissent, dissous et absorbés par le protoplasma qui redevient incolore et reste tel dans un milieu privé de protophytes verts. Les mêmes résultats ont été observés sur des Bursaires, des Stylonichies, des Actinophrys, des Protées, etc., et entre autres sur plusieurs espèces décrites et figurées par Ehrenberg, comme possédant en propre une coloration verte.

68. — *Sur les conditions dans lesquelles se manifeste la contractilité des feuilles et des poils glandulaires du Drosœra.* (Rapports annuels, 1880.)

Depuis leur première apparition, jusqu'au moment où elles se flétrissent et meurent, les feuilles du Drosœra passent par les phases suivantes :

Elles apparaissent vertes et dépourvues de contractilité dans toutes leurs parties; les poils se développent, les feuilles et les poils se colorent en rouge, la contractilité se manifeste et persiste. Au moment de la floraison (dans les conditions spéciales au moins, où la plante se trouvait au laboratoire), la chlorophylle apparaît dans les parties précédemment colorées en rouge et la contractilité disparaît. Dans la phase subséquente, la floraison terminée, la coloration rouge se substitue de nouveau à la coloration verte et la contractilité reparaît. Il semble résulter de ces observations que la plante n'est contractile et ne fonctionne, comme plante carnivore, saisissant à l'aide de la contractilité, digérant à l'aide de sa sécrétion glandulaire, et absorbant des principes organiques tout formés, que pendant les périodes où la chlorophylle lui fait partiellement défaut. Elle cesse d'exercer cette fonction, exceptionnelle et acquise par l'influence probable du milieu et des habitudes nées de ses conditions spéciales d'existence, lorsque la végétation devient plus active, et que la chlorophylle se développant dans toutes ses parties suffit à fournir à la plante les principes organiques, formés par synthèse, en quantité suffisante pour son entretien et son accroissement.

69. — *Les cellules ciliées et les cils vibratiles.* (Rapports annuels, 1880.)

Les cils vibratiles traités par l'alcool dilué ou l'acide chromique en solution faible, perdent leur aspect lisse et homogène, et se montrent sous forme de filaments variqueux, de stries granuleuses qui se continuent avec des stries d'apparence identique au delà du plateau qui les supporte et dans l'intérieur même de la cellule.

C'est dans l'épithélium vibratile des branchies de la moule commune que j'ai constaté d'abord que le protoplasma des cellules à cils vibratiles, est en continuité avec les cils par des filaments d'apparence granuleuse régulièrement parallèles les

uns aux autres et occupant toute la couche périphérique (*Ectosarc*) de la cellule, non pas seulement au voisinage du plateau ou jusqu'au noyau, mais dans toute l'étendue de la cellule.

Dans les longues cellules à cils vibratiles de l'estomac de la moule, ces filaments sont comme la cellule elle-même, près de vingt fois plus longs que les cils vibratiles avec lesquels ils sont en continuité, et il est, par suite, beaucoup plus conforme à la nature des choses de considérer les cils vibratiles comme le prolongement extérieur des filaments intra-cellulaires, que de ne voir dans ceux-ci qu'un prolongement intérieur des cils.

Les cellules à cils vibratiles des vertébrés et des mammifères même, sont constituées de la même façon. Mes observations sur les fibrilles contractiles des cellules ectodermiques et endodermiques des Polypes, me portent à considérer comme douées également de contractilité les stries fibrillaires des cellules à cils vibratiles, qui sans aucun doute ont une influence prédominante sur le mouvement ciliaire.

70. — *Les éléments contractiles et le système nerveux des polypes d'eau douce.* (Rapports annuels, 1880.)

Des recherches que j'ai poursuivies l'été dernier, dans le laboratoire de physiologie générale, il résulte : 1° que le corps des cellules ectodermiques est excitable (*sensible*) et contractile, qu'il réagit à la suite des ébranlements qui lui sont transmis par les extrémités saillantes des filaments urticaires, qui, comme les poils, sont des récepteurs des ébranlements mécaniques. C'est en se contractant que la cellule chasse au dehors et lance les organes urticaires et en hameçon, cette première conclusion qui n'est que la confirmation par de nouvelles observations de ce que j'énonçais en 1853 ; 2° que les fibrilles émanées de la base des cellules ectodermiques, étant partout parallèles à l'axe du corps, ou à celui des tentacules, ne peuvent en se contractant que produire le raccourcissement du corps ou des tentacules, mais nullement leur allongement. Cet allongement qui se produit d'une manière lente et persiste pour les tentacules pendant un temps très long, ne peut provenir que de l'action d'autres éléments contractiles.

Les seuls que l'on puisse faire intervenir sont les cellules ectodermiques dont l'observation directe démontre la contractilité, et celles de l'endoderme. Ces dernières possèdent à un très haut degré de développement une particularité de structure qui existe également dans les cellules de l'ectoderme ; l'existence de fibrilles parallèles, fines, d'apparence granuleuse, constituant la couche corticale (ectosarc) et dirigées du sommet à la base des cellules, perpendiculairement aux surfaces interne et externe. Les fibrilles intra-cellulaires ectodermiques se conti-

nuent à l'extérieur sous forme de fibrilles contractiles, parallèles à l'axe du corps.

3° L'hypothèse de cellules nervo-musculaires est sans fondement, car il existe chez les Hydres un système nerveux constitué par un plexus formé par les ramifications de petites cellules multipolaires, anastomosées en réseaux d'où partent des filaments terminaux allant se souder les uns à la partie basilaire des cellules ectodermiques (filaments sensitifs?), les autres aux fibrilles contractiles. Ce plexus, situé entre les pieds des cellules ectodermiques et la couche de fibrilles contractiles, paraît s'étendre dans tout le corps de l'hydre : il est l'analogue des plexus des tuniques de l'intestin, de l'estomac, des vaisseaux, du cœur, etc., et explique les mouvements propres des parties séparées, des tentacules des Hydres, comme ceux-ci expliquent les mouvements propres de l'intestin, de l'estomac, du cœur, séparés de l'animal.

71. — *Identité d'origine, de structure et de propriétés des éléments contractiles. — Fibres lisses et fibres striées. — Disparition des stries des fibres striées. — Striation des fibres lisses pendant leur contraction.* (Rapports annuels, etc., 1880.)

Le mode de plissement avec alternatives de saillies et de dépressions, des faisceaux striés, donne lieu à toutes les apparences interprétées comme alternance de deux substances différentes, l'une monoréfringente, l'autre biréfringente, ainsi que des prétendus disques larges, disques minces, stries intermédiaires, stries accessoires, etc.

Les fibres lisses sont biréfringentes dans toute leur étendue. A l'état de contraction, elles sont striées, et présentent des bandes alternantes monoréfringentes et biréfringentes. Déplissées, elles redeviennent partout biréfringentes.

Les fibres striées devenues lisses par déplissement mécanique ou dans la période de rigidité, sont uniformément biréfringentes comme les fibres lisses.

Dans les types inférieurs de l'organisation animale, le plissement des fibres contractiles qui produit la striation, est purement fonctionnel et ne se montre que pendant la contraction. A un état plus avancé d'organisation, l'élément contractile perfectionné possède un plissement permanent qui règle, limite et régularise le plissement fonctionnel de la contraction.

72. — *Phénomènes microscopiques de la contraction des fibres lisses.* (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, juin 1881.)

73. — *Phénomènes microscopiques de la contraction des fibres striées.* (Rapport sur l'École pratique des hautes études, 1880-1881.)

Les changements qui se manifestent dans les fibres striées au moment de la

contraction sont, comme dans les fibres lisses, le résultat d'un plissement des fibrilles et des fibres que celles-ci constituent par leur association en faisceaux.

Dans certaines conditions anormales et exceptionnelles, les fibres striées deviennent aussi complètement lisses que les fibres dites lisses à l'état d'extension, mais à l'état normal, les fibres striées, même à l'état d'extension, présentent des plis permanents espacés régulièrement.

Le segment de fibrille ou de fibres compris entre deux de ces plis permanents n'est autre chose que la prétendue *case musculaire de Krause*.

Pendant la contraction, la partie moyenne du segment se creuse d'une gouttière produite par un plissement; les bords de la gouttière se rapprochent de plus en plus, elle se transforme en un sillon étroit, le segment diminue de hauteur et augmente d'épaisseur : quand le plissement et la contraction qui en résulte ont atteint leurs dernières limites, la partie moyenne du segment présente une strie linéaire tout à fait semblable à celle qui marque le pli permanent, et qui, dans un cas comme dans l'autre, résulte de l'accolement des deux bords d'un pli.

C'est au pli permanent et à ses bords que correspondent les parties considérées comme membranes de séparation des prétendues *cases musculaires* et désignées en Allemagne sous le nom de *disque intermédiaire,* de *disques secondaires,* de *membrane fondamentale*, etc., le sillon médian du segment en voie de plissement n'est autre chose que la strie de Hensen (*le disque médian*) : des deux bords du sillon, dont un des versants est clair et l'autre obscur, les premiers ont été désignés sous le nom de *disques isotropes*, les seconds sous celui de *disques transversaux* ou *anisotropes*.

74. — *Nouvelles recherches sur la structure intime des plaques terminales motrices, et leur analogie avec la lame nerveuse terminale des plaques électriques.* (Rapport des Hautes Études.)

Contrairement à l'opinion d'après laquelle la plaque terminale se composerait de 2 parties distinctes, l'une constituée par les ramifications du cylinder-axis, l'autre indépendante de l'expansion nerveuse, lui servant seulement de support, et constituée par une masse granuleuse munie de noyaux spéciaux, la substance d'apparence granuleuse est, ainsi que je l'ai avancé dans ma première communication à l'Académie, en 1862, la continuation directe du cylinder-axis ou de ses divisions (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 1866). Cette couche d'apparence granuleuse n'est autre chose qu'un *réseau admirable* formé par les dernières divisions du cylindre-axe anastomosées les unes avec les autres et se terminant à la face profonde ou musculaire de la plaque par des arcades ou anses identiques à celles que forme le réseau terminal à la surface dorsale des lames nerveuses des

plaques électriques de la torpille. Dans les plaques terminales motrices, comme dans les lames nerveuses électriques, qui ne sont autre chose que d'énormes plaques motrices, la terminaison nerveuse constitue un circuit fermé, et ne présente nulle part d'extrémités libres, *arborisations, boutons ou grains*.

75. — *Les plaques terminales des nerfs moteurs chez les insectes*. (Rapport des Hautes Études.)

Au niveau de la jonction d'une fibre nerveuse motrice avec un faisceau strié des muscles volontaires, on observe tantôt une saillie conique (*éminence ou cône de Doyère*), tantôt un plateau allongé; le cône s'étale lui-même toujours en plateau à sa périphérie. Ce cône est formé par l'écartement de la fibre nerveuse en deux branches qui s'appliquent sur le faisceau strié parallèlement à son axe et se dirigent en sens opposé, ainsi que je l'avais indiqué dans une note publiée, en 1864, dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences.

Les observations plus récentes dont les résultats ont été exposés dans mon cours, au printemps de 1881, m'ont permis d'établir que ces deux divisions de la fibre nerveuse ne sont pas simples, mais composées de plusieurs filaments axiles distincts déjà dans la partie terminale de la fibre nerveuse motrice. Ces filaments, après avoir traversé le sarcolemme, fournissent un grand nombre de fines divisions qui, se ramifiant et s'anastomosant entre elles, dès le sommet du cône, forment une masse réticulée qui a été prise jusqu'à présent et figurée comme *substance granuleuse* de la plaque motrice. Cette prétendue substance granuleuse est comme chez les vertébrés un reticulum nerveux, très fin et très serré qui forme toute la masse de la plaque terminale, et dans lequel on ne rencontre nulle part des extrémités libres, des arborescences, mais toujours un réseau, des anses ou arcades terminales.

76. — *Les organes du mouvement et de la sensibilité chez les polypes hydraires*. (Rapport des Hautes Études.)

Chez les Hydractinies et chez les Hydres d'eau douce, les cellules de l'endoderme émettent par leur extrémité basilaire des prolongements filiformes tout à fait semblables, par leurs caractères physiques et chimiques, aux fibrilles contractiles qui émergent de la même façon de la base des cellules de l'ectoderme. Les fibrilles provenant des cellules endodermiques s'appliquent à la face interne de la cuticule élastique comme celles qui proviennent de l'ectoderme s'appliquent à sa face externe, mais tandis que ces dernières, dirigées parallèlement à l'axe du corps et des tentacules, ne peuvent en se contractant produire d'autre effet qu'une

rétraction du corps et des tentacules, les premières, dirigées au contraire perpendiculairement à l'axe du corps et des tentacules, produisent en se contractant l'effet opposé, le resserrement et l'allongement du corps et des tentacules. On trouve souvent appendues à la base des cellules endodermiques chez les Hydres brunes des prolongements de petites cellules bipolaires tout à fait semblables à celles du réseau nerveux de la couche ectodermique. L'endoderme paraît donc déjà posséder un plexus ganglionnaire nerveux, prototype du système ganglionnaire de la vie organique, comme celui de l'ectoderme est le prototype du système nerveux de la vie animale.

77. — *Recherches sur les variations de l'élasticité des muscles striés pendant la contraction.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1881-1882.)

Loin de diminuer, la résistance des muscles à l'allongement augmente pendant la contraction; pour des poids qui ne dépassent pas l'équivalent du travail normal d'un muscle, le muscle, chargé pendant qu'il se contracte, ne perd qu'une fraction de raccourcissement acquis par contraction, et, déchargé d'un poids donné pendant sa contraction, se raccourcit plus qu'il ne s'était allongé sous la tension produite par le même poids avant et pendant la contraction. L'accroissement de la force de ressort du muscle pendant la contraction est donc tout au moins un facteur important du travail accompli par la contraction musculaire et de la contraction musculaire elle-même.

78. — *Sur les cellules granuleuses du stroma de l'ovaire.* (Même recueil.)

Ces cellules constituent une partie considérable du stroma de l'ovaire chez les lapines et les chattes adultes surtout, c'est au sein des amas qu'elles forment, que se trouvent enchâssés les follicules ovariques à différents degrés de développement; le dépôt des granulations graisseuses dans leur protoplasma, qui leur a valu le nom par lequel His les a le premier désignées (*Kornzellen*), s'accroît dans de telles proportions, qu'elles finissent par être complètement remplies par la graisse, qui refoule à la périphérie le protoplasma sous forme d'une couche mince, comme on l'observe dans les cellules adipeuses du tissu conjonctif; mais ces cellules ont une origine toute différente, l'étude de leur développement montre qu'elles proviennent du bourgeonnement de cordons segmentaires qui n'ont pas été envahis par les ovules et segmentés en ovisacs; mais ils contribuent néanmoins pour une part au développement des ovules, dont les cordons segmentaires sont les organes nourriciers. Les amas de cellules granuleuses qui entourent les jeunes ovisacs fournissent les granulations graisseuses du vitellus;

ces dernières ne se montrent jamais que postérieurement au dépôt de graisse dans les cellules granuleuses qui entourent l'ovisac. Dans l'ovaire des cloportes on peut très nettement constater que le vitellus des ovules est entièrement transparent et dépourvu de granulations graisseuses obscures, tant que les cellules du mamelon sur lequel repose l'ovisac ne sont pas elles-mêmes remplies et distendues par ces granulations; quand de grosses gouttes de graisse se montrent dans le vitellus, les cellules granuleuses du mamelon sont déjà antérieurement passées à l'état de réservoirs de graisse, de cellules adipeuses. On peut faire des observations toutes semblables dans l'ovaire des jeunes chattes, des jeunes lapines et des petites filles (publié *in extenso* dans l'article *Ovaire* du *Dictionnaire encyclopédique des Sciences médicales*).

79. — *Nouvelles recherches sur la terminaison des nerfs moteurs dans les muscles striés des insectes.* (Même recueil.)

Postérieurement à la démonstration qui a été donnée du mode de terminaison des nerfs moteurs des insectes par un réticulum nerveux analogue à celui qui constitue la plaque terminale motrice des vertébrés supérieurs (Leçons et démonstrations pratiques du cours de physiologie générale du Muséum, semestre d'été de 1881, et Rapport annuel des professeurs du Muséum, année 1881), des travaux ont été publiés en Hollande (von Fœttinger, *Archives de Physiologie néerlandaises*) et en Allemagne (von Thankœffer, *Archiv für microscopische Anatomie*, 1882), d'après lesquels la véritable terminaison des nerfs moteurs chez les insectes aurait lieu par des filaments, qui, partant de la base de la plaque terminale, dont le réseau fondamental a été méconnu par le premier et entrevu d'une manière très incomplète par le second de ces observateurs, viendraient s'accoler et se confondre avec la substance des prétendus disques intermédiaires (Engelmann), ou cloisons de séparation des cases musculaires de Krause. Les apparences qui ont donné lieu à cette interprétation erronée des faits observés sont dues à ce que, chez les insectes, le sarcolemme est doublé d'une couche de protoplasma hyalin, qui s'enfonce avec lui dans la dépression du pli creux et permanent des fibres striées, désigné sous les noms variés de *strie de Dobie* en Angleterre, *substance intermédiaire*, *disque intermédiaire* en Allemagne, *disque mince* de Ranvier. Lorsque, après avoir été traité par différents réactifs, le sarcolemme soulevé se sépare de la substance contractile, il entraîne, accolée à sa face profonde, la portion de sa doublure protoplasmatique qui occupe le fond de la rainure du pli, le sarcolemme paraît alors doublé à sa face interne de filaments annulaires foncés, qui existent non seulement au niveau des terminaisons nerveuses, mais

aussi dans les parties des fibres striées qui en sont complétement dépourvues. Ces stries annulaires obscures du sarcolemme n'ont aucun rapport de continuité avec le réticulum nerveux de la plaque terminale, elles ne sont pas produites par des fibrilles continues, mais par une série de hachures, empreintes des fibrilles contractiles brusquement coudées au fond du *pli permanent*. Quant au réseau nerveux qui constitue la totalité de la plaque terminale, il est facile de constater, surtout sur les préparations traitées par une solution concentrée de sel marin, où le sarcolemme et la plaque terminale soulevée s'écartent de la surface du faisceau strié, que ce réseau se termine partout par des arcades fermées, d'où ne se détache aucun filament nerveux.

80. — *Action de la nicotine sur le cœur.* (Même recueil.)

Dans une note communiquée à la *Société de Biologie* en 1858, et dont un extrait a été publié en 1860 dans le *Journal de Physiologie* de Brown-Séquard, j'ai établi que chez les animaux tués par inhalation du chloroforme ou de l'éther, et dont le cœur est immobile en diastole, le contact d'une solution concentrée de nicotine excite des contractions du cœur, et finit même par déterminer une contracture permanente du ventricule. De nouvelles recherches faites sur le cœur de grenouilles empoisonnées par une injection sous-cutanée d'une solution de chloral à 2 1/2 p. 100, et dont le cœur immobile en diastole et distendu par le sang, ne répondait plus, ou ne répondait que par de très faibles contractions à l'excitation maximum d'un courant d'induction, l'instillation à la surface du cœur de quelques gouttes d'une solution de nicotine à 1 p. 40 d'eau salée à 6 p. 1000, ramène d'abord l'excitabilité du cœur par des courants d'induction de moyenne intensité; non seulement l'excitabilité directe du ventricule, mais aussi l'excitabilité indirecte par les pneumogastriques; les battements spontanés reparaissent même et persistent pendant un temps assez long après l'excitation.

81. — *Développement de la tunique musculaire de l'œsophage du chat.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes-Études, 1882-1883.)

Chez le chat adulte, comme chez l'homme, la moitié inférieure de la portion thoraco-abdominale de l'œsophage possède une tunique musculaire, composée presque exclusivement de faisceaux de fibres lisses, et les caractères physiologiques des contractions de cette partie de l'œsophage sont ceux qui appartiennent aux muscles lisses. Cependant, chez le chat nouveau-né, et trois semaines encore après la naissance, la totalité des deux couches interne et externe de cette tunique musculaire est composée de faisceaux striés comme la partie

supérieure thoraco-cervicale de l'œsophage. Chez ces jeunes chats, la tunique musculaire de l'œsophage est, comme chez les rongeurs, une tunique exclusivement striée, qui ne s'arrête qu'au niveau du cardia.

La substitution ultérieure des fibres lisses aux fibres striées dans la région inférieure de l'œsophage paraît résulter de ce que la tunique à fibres lisses de l'estomac envahit graduellement le domaine de la tunique striée œsophagienne, qu'elle refoule, et dont elle arrête le développement.

82. — *Contractions de l'œsophage isolé suspendu librement dans une chambre humide.* (Même recueil.)

Dans ces contractions en apparence spontanées, il faut distinguer deux périodes : la première, dans laquelle les nerfs et l'appareil ganglionnaire nerveux propre de l'œsophage ont conservé leur activité et commandent encore les contractions, la dernière, dans laquelle les muscles seuls sont encore vivants et excitables.

La première période ne dure certainement pas au delà de deux à trois heures après la mort, en admettant que les ganglions du plexus intra-œsophagien et les fibres nerveuses qui en dérivent conservent leur excitabilité beaucoup plus longtemps que les rameaux œsophagiens du pneumogastrique. Dans les expériences faites au laboratoire au mois de mai dernier, les contractions de la deuxième période (idio-musculaires) se sont prolongées au delà de vingt-quatre heures, et elles étaient assez énergiques pour produire non seulement les mouvements de torsion et de raccourcissement de l'œsophage, mais même pour soulever le poids de la région cardiaque de l'estomac et d'une partie du diaphragme restés en continuité avec l'œsophage. Ces contractions ne se sont pas montrées seulement par suite de l'échauffement superficiel de l'œsophage, mais aussi avec autant, et même plus d'énergie, à la suite du refroidissement brusque de la cloche préalablement échauffée.

83. — *Mouvements rythmiques prétendus spontanés du diaphragme et d'autres muscles de la vie animale.* (Même recueil.)

Ces contractions, qui, dans nos expériences, n'ont jamais présenté la régularité du rythme normal, n'appartiennent qu'à des régions limitées du diaphragme et ne donnent pas lieu à des mouvements d'ensemble. Elles ne se sont montrées qu'un certain temps après la mort de l'animal ou la cessation de la respiration artificielle. Elles étaient quelquefois, mais non constamment, accompagnées de contractions fasciculaires ou fibrillaires des muscles intercostaux, et présentaient.

les dernières surtout, plutôt les caractères d'un tremblement fibrillaire (convulsions idio-musculaires) que ceux des véritables contractions fonctionnelles. Elles trouvent leur explication dans l'irritation traumatique, dans l'excitation directe des milieux ambiants, air et température, et dans l'irritation chimique des muscles où l'arrêt de la circulation accumule des produits d'oxydation (acides carbonique, lactique, etc.). Le diaphragme et les muscles intercostaux sont surtout le siège de ces contractions, parce que, comme M. Vulpian l'a remarqué, ces musclos conservent leur irritabilité plus longtemps. Comme ces muscles accomplissent une fonction de la vie végétative, cette plus longue survie leur est commune avec les muscles de la vie organique.

L'irritation traumatique des nerfs sectionnés ou rompus intervient pour une part dans ces mouvements, qui ne sont pas rythmiques mais intermittents et irréguliers, comme les convulsions du strychnisme. C'est cette irritation qui explique les mouvements d'ensemble de membres séparés violemment de l'animal (observations de MM. Brown-Séquard et Vulpian). Elles se montrent toutes les fois qu'on prépare des membres inférieurs de grenouilles vivaccs *à la manière de Galvani*, souvent quand on met brusquement à nu et qu'on isole une patte ou un gastro-cnémien de Batracien. Les convulsions bien connues des queues du lézard arrachées sont le type le plus accentué de ces prétendus mouvements spontanés rythmiques. Quand ils ont cessé, on en provoque le retour par une nouvelle rupture du fragment de queue séparé, c'est-à-dire par un nouveau traumatisme. L'irritation chimique du muscle par le sel marin produit également une série de mouvements, qui n'ont de commun avec le rythme que l'intermittence.

84. — *Théorie générale des mouvements rythmiques des éléments contractiles indépendants du système nerveux ou soustraits à cette action.* (Idem.)

Le mouvement des cils vibratiles est provoqué et entretenu par l'action des milieux extérieurs. Il suffit de modifier la composition des fluides liquides ou gazeux en contact avec les cellules vibratiles, pour arrêter ou provoquer les mouvements des cils. Quand ce mouvement est arrêté, une solution faiblement alcaline le fait de nouveau apparaître. Ces actions du milieu sont nécessairement continues, et cependant l'effet est *régulièrement intermittent*, c'est-à-dire rythmique. Une excitation continue et peu intense, comme celle des milieux extérieurs, ne peut provoquer dans les éléments vivants qu'une succession de mouvements séparés par des intervalles de repos. Tout mouvement est une dépense de forces de tension, entraînant une diminution d'excitabi-

lité, par suite une période d'inefficacité de l'excitant (force de dégagement), et une période d'inactivité de l'élément. Pendant le repos, la nutrition emmagasine dans l'élément de nouvelles forces de tension; la perte est réparée, l'excitabilité reparaît, et avec elle une nouvelle période d'activité, suivie nécessairement d'une période de repos.

Les contractions intermittentes ou rythmiques des muscles directement excités (sans intervention des nerfs) par des milieux extérieurs naturels ou artificiels obéissent à la même loi, sont la conséquence des mêmes principes que ceux qui déterminent les alternatives de repos et d'action des cellules vibratiles.

85. — *Observations d'arrêt momentané des battements du cœur après la section des deux pneumogastriques à la région cervicale, par l'irritation du bout central des pneumogastriques coupés.* (Idem.)

L'irritation, propagée au bulbe et à la moelle, ne peut agir sur le cœur que par l'intermédiaire des nerfs cardiaques qui ont leur origine à la partie inférieure de la moelle cervicale et supérieure de la moelle dorsale, c'est-à-dire par les nerfs accélérateurs du cœur, qui, dans ce cas, jouent le rôle de nerfs d'arrêt ou d'inhibition.

86. — *Continuation de mouvements respiratoires de la tête et du tronc chez les jeunes chats nouveau-nés après section de la moelle au-dessous du bulbe, persistance de l'association et du synchronisme des mouvements respiratoires des deux segments, tête et tronc, physiologiquement séparés.* (Idem.)

87. — *Contractions énergiques et immédiates de l'intestin chez des chats et des lapins, provoquées par l'excitation électrique ou mécanique du nerf grand splanchnique, nerf d'arrêt des mouvements de l'intestin* (*Pflüger*). (Exemple d'un nerf prétendu modérateur ou nerf d'inhibition qui dans certaines conditions agit comme nerf moteur.)

88. — *Observations de quelques parasites végétaux (algues) vivant à l'intérieur de polypiers de* Sertulaires *à la face interne du test chitineux et aux dépens des excrétions du tégument de l'animal.* (Idem.)

89. — *Observations de la circulation dans les canaux du cœnenchyme des Campanulaires. Globules colorés dans le liquide circulatoire. Tunique contractile des canaux du cœnenchyme et son rôle dans la circulation du liquide nutritif.* (Idem.)

90. — *Les globules du sang des Siponcles.* (Idem,)

Les globules rouges sont formés d'une substance homogène hyaline analogue ou identique à l'hémoglobine. Beaucoup d'entre eux sont arrondis et quelquefois même en forme de ménisques comme ceux des mammifères.

91. — *Note sur les fuseaux musculaires.* (Idem.)

Ces singuliers éléments des muscles striés ne sont ni des fibres musculaires en voie de développement, ni des fibres primitives en voie d'atrophie. On les trouve en même nombre et à la même place chez les animaux adultes que chez les jeunes : au voisinage de l'entrée du rameau nerveux dans le muscle, dans la région la plus riche en plaques terminales. La partie caractéristique de ces éléments, le renflement du fuseau, reçoit plusieurs tubes nerveux à double contour ou un seul de dimensions supérieures à tous les autres tubes nerveux larges, et présente une structure très analogue à celle que *Babuchin* a trouvée dans l'extrémité renflée des fibres musculaires (jeunes torpilles et jeunes raies) qui sont en train de se transformer en plaques électriques.

92. — *Influence du pneumogastrique sur les mouvements du cœur.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes-Études, 1883-1884.)

De nombreuses observations anciennes (Schiff, Moleschott, Rouget, 1863) et récentes (Munk, Heidenhain, Löwit) démontrent que l'excitation du nerf vague, au lieu de produire, comme on l'admet communément depuis la célèbre expérience de Weber-Büdge, le ralentissement ou l'arrêt des mouvements du cœur, peut, au contraire, ranimer les battements du cœur lorsqu'ils sont suspendus, ou les accélérer. On a essayé d'expliquer ces deux modes d'action opposés par l'existence hypothétique de deux ordres de filets, les uns excitateurs, les autres modérateurs, dans le tronc du nerf vague. Cette hypothèse ne repose sur aucun fondement sérieux ni au point de vue anatomique ni au point de vue physiologique. Les expériences faites au laboratoire et devant les auditeurs du cours, au printemps de 1884, ont établi que chez la tortue (*testudo mauritanica*) le nerf vague, excité à la région supérieure ou moyenne du cou par un courant d'induction, ne produit ni le ralentissement des battements ni l'arrêt du cœur en diastole, mais détermine constamment, lorsque l'intensité du courant est suffisante pour produire un effet appréciable, un état de contraction soutenue et prolongée du myocarde ventriculaire; cet état persiste longtemps après la cessation de

l'excitation électrique, se termine par un brusque accroissement de systole suivi d'une courte diastole, après laquelle se produisent encore, avant le retour des battements normaux, plusieurs systoles prolongées pendant un temps équivalent à celui de plusieurs systoles normales.

Des effets analogues ont été obtenus sur des lapins curarisés.

On sait depuis longtemps que l'excitation du nerf vague chez les animaux curarisés ou atropinisés ne produit plus l'arrêt du cœur; mais ce qui avait échappé jusqu'alors à l'observation, c'est qu'à la place du ralentissement ou de l'arrêt nos expériences ont démontré : 1° chez les animaux qui n'avaient reçu qu'une faible dose de curare compatible avec la conservation des mouvements respiratoires, l'accélération des battements du cœur à la suite de l'excitation faradique des nerfs vagues; 2° chez ceux qui avaient reçu une forte dose de curare et étaient soumis, par suite, à la respiration artificielle, un état de systolie prolongée, de tétanos *tonique* du ventricule.

93. — *Persistance des battements rythmiques spontanés dans la pointe du ventricule séparée de la base chez les mammifères.* (Idem.)

Ce fait exceptionnel que j'avais observé, il y a plus de dix ans, sur le cœur d'un chien nouveau-né, s'est reproduit deux fois sur le cœur de lapins adultes dans nos expériences de l'été dernier : les battements de la moitié inférieure du ventricule séparé de la base ont persisté pendant plusieurs minutes. Ces faits prouvent que les amas ganglionnaires disséminés du myocarde ventriculaire peuvent encore entretenir, sans l'intervention d'aucun excitant ni extérieur ni intérieur, le rythme des battements; ils ne manifestent cette propriété que dans des conditions exceptionnelles et pendant un temps très court. Mais l'effet des sections successives du cœur depuis le sinus jusqu'au ventricule établit que la persistance des battements a une durée décroissante à mesure que la suppression des centres ganglionnaires progresse du sinus veineux vers le ventricule.

94. — *Accoutumance des ganglions cardiaques aux fortes excitations électriques.* (Idem.)

Un fort courant d'induction, appliqué au ventricule du cœur d'un chien adulte, tue l'animal, en arrêtant le cœur à l'état de diastole permanente. En soumettant le ventricule de jeunes chiens, de cobayes, de lapins, de grenouilles, à des excitations d'abord faibles, puis graduellement croissantes jusqu'au courant maximum d'une bobine d'induction d'un grand appareil à chariot, on constate que ce courant maximum n'arrête plus le cœur que momentanément, et qu'après

la période d'affaiblissement de trémulation et d'arrêt momentané, les battements reparaissent, lents d'abord, puis plus fréquents, et reprennent leur rythme; l'expérience peut être répétée plusieurs fois sur le même animal et sans amener l'arrêt permanent du cœur.

95. — *Mécanisme de l'arrêt du cœur par l'excitation des pneumogastriques.* (Idem.)

Les battements rythmiques et réguliers du cœur persistant après la section des pneumogastriques et des nerfs sympathiques cardiaques, sous la seule influence des centres ganglionnaires propres du cœur, toutes les modifications apportées aux mouvements du cœur par l'excitation des cordons nerveux extrinsèques (vague ot sympathique) est le résultat, non d'une action directe sur le myocarde, mais d'une modification dans l'état des centres ganglionnaires cardiaques. Le retour des battements du cœur momentanément arrêtés par l'oxcitation des pneumogastriques, malgré la persistance de l'excitation, prouve que dans ce cas, comme dans le cas d'excitation directe du cœur, les ganglions s'accoutument aux effets de l'excitation et reprennent leur activité normale. L'effet primitif produit par l'excitation intense et subite des pneumogastriques, identique à celui que peut produire une vive émotion ou un choc mécanique violent sur les centres d'idéation et secondairement sur les centres cardiaques eux-mêmes, peut être considéré comme équivalent à une commotion brusque des centres ganglionnaires cardiaques.

96. — *Mouvements rythmiques des palettes dites natatoires des clénophores.* (Idem.)

Si l'on enlève sur une Beroë vivante, et dont les palettes natatoires sont en pleine activité, un fragment assez épais, comprenant, avec les pinceaux filamenteux, le coussinet de cellules qui les porte, la couche musculaire sous-jacente et une portion de la rigole costale vibratile, on constate un arrêt immédiat et définitif du mouvement des palettes natatoires. Tandis que les mouvements vibratiles continuent avec toute leur activité pendant un temps fort long daus la rigole costale, les pinceaux de filaments des palettes natatoires ne sont donc pas ou ne sont plus chez l'animal adulte doués des mouvements vibratiles propres; s'ils sont suspendus sous l'influence de la volonté de l'animal, c'est qu'ils résultent de la contraction des bandes musculaires sous-jacentes, comme l'a supposé C. Vogt.

97. — *Nouvelles recherches sur les substances amyloïdes dans les tissus des animaux et des végétaux.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes-Études, 1884-1885.)

Il résulte de ces recherches la démonstration de l'existeuce de la zoamyline

(*glycogène* de Claude Bernard) chez les Rhyzopodes; chez le plus grand nombre des Infusoires ciliés d'eau douce ou marins Chilodon, Paramécies, Bursaires, Vorticelles; chez les Opalina et Bursaria parasites des grenouilles (vessie et rectum); chez les Hydroméduses (Campanulaires, Eudendrium), chez des Actinies, des Cténophores (Beroës), des Astéries, des Ophiures, des Oursins; parmi les Vers chez les Nématodes, Ascarides, Anguillules, chez des Néréides, des Serpules, des Térébelles; chez les Bryozoaires et les Tuniciers; parmi les Arthropodes, chez des Pycnogonum, des Crustacés, Crabes, Crevettes, Mysis, Oniscus; parmi les Insectes, chez des Arachnides-Phalangiens, des Myriapodes, des Diptères, la Musca-Carnaria adulte, des larves de Lépidoptères, des Hémiptères, des Coléoptères.

Parmi les Mollusques on rencontre la zoamyline en abondance dans la plus grande partie des tissus et même dans les cellules nerveuses des ganglions. Chez les Limax Cinerea et Nigra, Turbo littoralis, Eolidina et Dolabella (Aplysia lepus).

Parmi les Vertébrés, les grenouilles en hibernation, privées de toute alimentation pendant plus de 3 mois et à une température qui n'est pas descendue au-dessous de + 8°, ont présenté la substance glycogène en abondance dans leurs muscles, leurs cellules de cartilage ossifié, l'épithélium du tube digestif, les ovaires et le testicule, aussi bien que dans le foie; il en est de même chez les lapins de 4 mois nourris d'aliments riches en amidon et en fécule.

Les recherches sur les tissus des végétaux, de ceux surtout qui, privés de chlorophylle, se rapprochent beaucoup des animaux par les conditions de leur nutrition, les champignons, ont démontré la présence dans le protoplasma de leurs cellules d'une substance identique au glycogène ou zoamyline et absolument différenciée par les caractères optiques et chimiques de l'amidon et de l'inuline. Il y a plus de quinze ans que l'existence du glycogène dans certaines cellules de levure de bière a été démontrée dans les cours de physiologie de la Faculté de Médecine de Montpellier et plus tard dans le laboratoire de physiologie générale du Muséum. L'attention de l'auteur d'un travail exécuté dans ce laboratoire sur la *respiration des levures* (le docteur Paumès) a été appelée sur ce fait, comme étant une démonstration de la transformation de la glycose en glycogène par l'activité nutritive des cellules de levure.

Au cours des recherches résumées ici, la culture des cellules de levure, très pauvres en glycogène dans une solution de glycose, a mis hors de doute cette transformation. D'autres champignons à mycelium, un Aspergillus placé dans les mêmes conditions, ainsi que des Mucorées, ont présenté des filaments volumineux et des sporanges riches en glycogène.

Cette substance s'est montrée, du reste, très abondante, dans les conditions na-

turolles, dans lo mycelium du champignon appelé vulgairement le Blanc du Rosier; dans les Thécaspores des Pezizes; dans les cellules tubulaires du Boletus edulis.

Enfin, dans les pommes de terre qui germent à sec dans l'obscurité, et dont le tubercule présente unc réaction acide et renferme une notable proportion de glycose, les cellules épidermiques des jeunes pousses incolores et leurs poils, ainsi que les fibres du liber, qui ne renferment dans leur intérieur aucun des grains de fécule dont les cellules du parenchyme cortical et de la moelle sont remplies, prennent, au contraire. au contact de la teinture d'iode ioduré, la coloration caractéristique de la substance glycogène.

98. — *Les actions vaso-dilatatrices.* (Idem.)

Elles se produisent d'autant plus sûrement que les filots vaso-moteurs sont excités plus près de leur origine à la moelle ou à la chaîne du grand sympathique; plus, au contraire, l'excitation est rapprochée de la périphérie, plus les effets vaso-constricteurs prédominent. C'est à la suite de l'excitation du bout central d'un nerf rachidien sensitif que les effets vaso-dilatateurs se manifestent le plus sûrement et avec le plus d'intonsité.

Dans ces deux cas, la condition essentielle de la dilatation vasculaire est un acte d'arrêt ou d'inhibition de l'activité des centres ganglionnaires placés entre le point excité et les plexus nerveux propres des vaisseaux. Toutes les fois que ces plexus reçoivent une excitation qui n'a pas traversé de ganglion, on produit la constriction des vaisseaux.

Il n'y a donc pas de nerfs vaso-dilatateurs, mais des actions vaso-dilatatrices, produites par l'excitation des nerfs aboutissant à des ganglions vaso-moteurs, comme les pneumogastriques aboutissent aux centres moteurs propres du cœur.

99. — *Activité propre des plexus ganglionnaires périvasculaires.* (Idem.)

Après la section du cordon cervical ou l'arrachement du ganglion cervical supérieur chez le lapin, accompagnée de la section du nerf auriculo-cervical postérieur qui renferme la plus grande partie des nerfs vaso-moteurs de l'oreille, on voit reparaître au bout de 36 ou 48 heures les alternatives de contraction et de dilatation de l'artère centrale du pavillon. Ces mouvements des vaisseaux privés de la plus grande partie, sinon de la totalité de leurs connexions avec les centres vaso-moteurs encéphalo-rachidiens, ne peuvent s'expliquer que par le retour de l'action propre des ganglions périvasculaires, action suspendue, mais non supprimée, par la suppression de l'influx qu'ils reçoivent normalement des centres encéphalo-médullaires ou sympathiques.

100. — *Les ondes de contraction dans les muscles striés de la vie animale.* (Rapport sur l'École pratique des Hautes Études, 1885-1886.)

Ces ondes n'apparaissent jamais dans les contractions physiologiques à l'état normal. Elles ne se manifestent que lorsque les éléments musculaires, soustraits à leurs conditions normales d'existence, sont violemment irrités: elles sont le phénomène précurseur de la mort de ces éléments.

101. — *Les dernières manifestations de la vie dans les muscles striés.* (Idem.)

Lorsqu'un muscle n'est plus irritable ni par l'électricité, ni par les chocs mécaniques, on peut encore provoquer des phénomènes de contraction dans les fibres élémentaires de ces muscles et démontrer qu'elles sont encore vivantes par les ondes de contraction et surtout les mouvements vermiculaires qui se manifestent quand on les soumet à des irritations mécaniques dans un milieu chimique modérément excitant, l'eau salée à 6 p. 1000. Des muscles de grenouilles en rigidité depuis 48 et 96 heures, des muscles de lézards morts depuis 3 jours, de couleuvre 8 jours après la mort, ont encore dans ces conditions manifesté par ces modes spéciaux de contraction, qu'ils étaient encore vivants.

102. — *Origine et migrations de la substance glycogène chez les mollusques gastéropodes et lamellibranches, chez le lumbricus agricola et chez les cloportes.* (Idem.)

103. — *Expériences sur les grenouilles strychnisées, démontrant l'identité de la contracture, de la contraction tonique et de la rigidité.* (Idem.)

104. — *Production par l'action de liquides irritants d'une forme particulière de rigidité musculaire qui détermine des ruptures spontanées et multiples des fibres musculaires striées, expliquant les altérations de ces éléments dans les fièvres typhoïdes, la variole, le choléra, etc.* (Idem.)

Paris. — Typ. G. Chamerot, 19, rue des Saints-Pères. — 20700